

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo (Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

Ezequiel José Estremina Carneiro Brandão Ferreira

Mestrado em Geologia Económica
(Especialização em Prospeção Mineral)

2011

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo (Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

Ezequiel José Estremina Carneiro Brandão Ferreira

Mestrado em Geologia Económica
(Especialização em Prospeção Mineral)

Dissertação orientada pelos Professores Doutores António Manuel Nunes Mateus
e Jorge Manuel Verdilhão Figueiras

2011

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJECTIVOS	5
3 - ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	7
4 - METODOLOGIAS	17
4.1 - Amostragem	17
4.2 - Petrografia	21
4.3 - Química mineral	21
4.4 - Litogeoquímica	23
5 - PETROGRAFIA	27
5.1 - Rochas hospedeiras da mineralização	27
5.1.1 – Meta-sedimentos siliciclásticos (Subgrupo Xisto-Gresoso)	27
5.1.2 - Metassedimentos carbonatados (Formação C5b)	28
5.2 - Mineralização	35
5.2.1 - Mineralização associada ao Subgrupo Xisto-Gresoso	35
5.2.2 - Mineralização associada ao Subgrupo Xisto-Calcário (Formação C5b)	37
6 - QUÍMICA MINERAL	49
6.1 - Fases minerais principais	49
6.1.1 - Pirite	49
6.1.2 - Bornite	57
6.1.3 - Sulfuretos de Cu	62
6.1.4 - Cu Nativo	74
6.1.5 - Óxidos e Hidróxidos de Fe	80
6.2 - Fases minerais acessórias	85
6.2.1 - Calcopirite	85
6.2.2 - Tenantite	92

6.2.3 - Enargite	99
6.2.4 - Galena.....	101
6.2.5 - Esfalerite.....	103
6.2.6 - Sulfuretos de Cu-Co	105
6.2.7 - Cuprite.....	107
6.2.8 - Fases minerais de Pb-As-S, Cu-Pb-As-S, Cu-As-Bi-S e Cu-Bi-S	109
6.2.9 – Arsenatos	115
7 - LITOGEOQUÍMICA MULTI-ELEMENTAR	119
8 - DISCUSSÃO.....	141
8.1 - Características Gerais do Depósito Cuprífero de Tetelo	141
8.2 - Decomposição Geométrica e Análise Cinemática da “Falha das Hematites”	151
8.3 - Estudo Comparativo entre os Cinturões Neoproterozóicos do Congo Ocidental, Damara	155
8.3.1 - Cinturão do Congo Ocidental	157
8.3.2 - Terrenos Montanhosos de Otavi – Cinturão de Damara (Namíbia).....	169
8.3.3 – Cinturão Lufiliano (República Democrática do Congo - Zâmbia).....	177
8.3.4 – Outras unidades Neoproterozóicas do território Angolano.....	185
8.3.5 – Depósitos Estratiformes de Cu-Co e Discordantes de Cu-Zn-Pb nos Cinturões Neoproterozóicos de Angola.....	187
8.4 - Trabalhos Futuros.....	191
9 - CONCLUSÕES	193
10 - BIBLIOGRAFIA.....	197
ANEXOS (CD-ROM).....	201

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à Genius Mineira Lda. pela disponibilização das amostras e financiamento de todas as actividades de investigação desenvolvidas, sem as quais não teria sido possível a realização desta Dissertação de Mestrado.

Ao meus orientadores, Professores Doutores António Manuel Nunes Mateus e Jorge Manuel Verdilhão Figueiras, um agradecimento muito sincero pela disponibilidade e dedicação continuamente demonstrados, assim como pelas vivas “discussões” proporcionadas, as quais contribuíram de forma notória não apenas para a elaboração da presente dissertação, como também para o meu crescimento pessoal.

Ao Sr. Alberto Verde pela manufactura das lâminas delgadas polidas e permanente boa disposição; ao Doutor Pedro Rodrigues pelo apoio à realização das análises de microsonda electrónica; à Ana Jesus disponibilidade constante para o esclarecimento de dúvidas e por todos os seus conselhos e palavras de incentivo; à Marina Bruno, ao Pedro Mocho e à Inês Pereira pela preciosa ajuda com as formatações; a todos aqueles, colegas e professores, que permitiram tornar este mestrado numa realidade.

Porque há aqueles que nos fazem sentir em “casa” e estão sempre connosco (onde quer que estejam), que representam parte da nossa vida, um agradecimento especial aos meus amigos mais próximos: Tiago Faria, Mónica Aguiar, Priscila Gonzaga e Roxana Suarez.

À minha mãe e irmão, a quem dedico esta tese, que apesar da distância estão presentes todos os dias. É por vós que eu corro...

RESUMO

A jazida de Tetelo localiza-se na Província do Uíge (NW de Angola), cerca de 1 km a NE do depósito de Mavoio, integrando o Cinturão do Congo Ocidental, um dos cinturões Neoproterozóicos resultantes da fragmentação do supercontinente Rodínia e posterior orogenia Pan-Africana.

A mineralização encontra-se hospedada em unidades do Supergrupo do Congo Ocidental, nomeadamente na Formação C5b do Sub-grupo Xisto-Calcário e nas Formações Inkisi e M'Pioka do Subgrupo Xisto-Gresoso, que constituem a parte superior do Grupo Congoliano Ocidental. Em Tetelo, estas unidades são cortadas por duas falhas de direcção geral NE-SW, a mais importante designada por “Falha das Hematites”, prolongando-se por cerca de 100 km para SW de Tetelo.

O Subgrupo Xisto-Gresoso é caracterizado essencialmente por rochas meta-areníticas de natureza arcósica a subarcósica, de fonte granitóide, com calibração má a moderada, de grão muito fino a fino e predominantemente sub-anguloso. Na Formação C5b predominam rochas meta-carbonatadas de granularidade variável que registam modificações assinaláveis, derivadas da progressão heterogénea de mecanismos de recristalização dinâmica e/ou dissolução-reprecipitação.

O essencial da mineralização desenvolve-se na Formação C5b, sob a forma de minérios semi-maciços e maciços, muito embora também se apresente como disseminações matriciais e a colmatar fracturas. A associação mineral principal inclui pirite, bornite, calcocite, Cu nativo, hematite, goethite e outros hidróxidos de Fe; como acessórios surgem termos análogos a digenite e covelite, calcopirite, tenantite, cuprite e raros sulfuretos de Cu-Co e arsenatos de composição química diversa (Ca, Mg, Cu, V, Y e/ou ETR). Quando hospedada no Subgrupo Xisto-Gresoso a mineralização é bastante incipiente, originando principalmente disseminações e/ou selando pequenas fracturas; verificam-se, todavia, raros domínios de mineralização semi-maciça. A associação mineral principal inclui: pirite, calcocite, hematite, goethite e outros hidróxidos de Fe, surgindo como acessórios, termos análogos a digenite e covelite, calcopirite, bornite, enargite, tenantite, galena, esfalerite e raros sulfo-arsenetos de Pb, sulfossais de Cu-As-Bi-S e Cu-Bi-S e diversas fases minerais de Cu-Pb-As-S.

As diferenças existentes entre as mineralizações alojadas nas litologias do Subgrupo Xisto-Gresoso e da Formação C5b, ao nível da intensidade de mineralização e composição mineralógica, parecem dever-se a diferenças no percurso das reacções químicas estabelecidas pela interacção entre os fluidos mineralizantes e as rochas encaixantes de natureza manifestamente distinta; a maior vulnerabilidade química das rochas de natureza carbonatada permite o reforço destas diferenças aquando da oxidação heterogénea de todo o conjunto por circulação de fluidos meteóricos tardios.

Os estudos de química mineral mostram que, independentemente da natureza do encaixante e do contexto textural em que se encontram, as fases minerais apresentam composições relativamente homogéneas, com desvios muito pouco significativos à estequiometria ideal; as únicas excepções

prendem-se com os sulfuretos de Cu e Cu-Fe, por força da sua capacidade de formar extensas soluções sólidas dentro do sistema Cu-Fe-S.

A mineralização é indubitavelmente epigenética e de carácter polifásico, apresentando características análogas às de outros depósitos epigenéticos discordantes de Cu-Zn-Pb hospedados nos cinturões Neoproterozóicos de Damara e Lufiliano. A precipitação das fases sulfuretadas parece resultar da instabilização dos agentes de complexação dos metais transportados em solução pelos fluidos hidrotermais (de natureza crustal, salinos e de pH ácido); esta instabilização dever-se-á à alteração das condições físico-químicas dos fluidos por reacções de neutralização entre os mesmos e as rochas hospedeiras de natureza carbonatada e siliciclástica. A sustentação do processo mineralizante deverá relacionar-se com a circulação periódica destes fluidos, favorecida pela recorrência de eventos de deformação frágil, desencadeada por sucessivos ciclos sísmicos experimentados pela “Falha da Hematite”, ao longo do tempo.

As relações texturais e composição química das fases minerais sugerem importantes variações da composição química dos fluidos mineralizantes ao longo do tempo caracterizando-se (a nível dos elementos maiores) por: uma fase inicial de Fe (\pm Cu), responsável pela precipitação de pirite (\pm calcopirite), seguida de uma outra de Cu e As, marcada pela precipitação de tenantite (\pm enargite) e calcopirite, esta última frequentemente em substituição dos agregados anteriores de pirite; fases subsequentes, caracterizadas pela entrada no sistema de Cu(\pm Zn \pm Pb), promoveram a precipitação de esfalerite e a substituição das fases sulfuretadas anteriores por fases progressivamente mais ricas em Cu e/ou Pb. A circulação tardia de águas meteóricas terá desestabilizado as fases sulfuretadas, levando à precipitação de (hidr)óxidos de Fe e Cu nativo (\pm cuprite \pm arsenatos).

O estudo comparativo da evolução tectono-sedimentar dos cinturões do Congo Ocidental, Damara (Namíbia) e Lufiliano (República Democrática do Congo e Zâmbia) não exclui a possibilidade de ocorrência de mineralizações estratiformes de Cu-Co nos domínios meta-sedimentares Neoproterozóicos do território Angolano.

Palavras-chave: Mineralizações epigenéticas de Cu, Tetelo, Cinturão do Congo Ocidental

ABSTRACT

The Tetelo mineral deposit is located in the Uíge Province (NW Angola), about 1 km NE from the Mavoio ore deposit, being part of the West Congo Belt, one of the Neoproterozoic belts formed as the result of Rodinia's supercontinent breakup and later Pan-African Orogeny.

It is hosted by the West Congo Supergroup lithostratigraphic units, namely the C5b Formation of Xisto-Calcário Subgroup and the Inkisi and M'Pioka Formations of Xisto-Gresoso Subgroup, making up the upper section of the West Congolian Group. In Tetelo these units are intersected by two NE-SW faults, the main one, traced for about 100 km SW of Tetelo, named as Falha das Hematites.

The Xisto-Gresoso Subgroup is mainly characterized by meta-arkosic to meta-subarkosic sandstones of a granitoid source, with bad to moderate calibration, fine to very fine grained and mainly sub-angular grains. The C5b Formation is dominated by meta-calcareous rocks of variable granularity, presenting remarkable modifications due to heterogeneous progression of dynamic recrystallization and/or reprecipitation-dissolution mechanisms.

The C5b Formation hosts most part of the mineralization as semi-massive to massive ores, though it can also occur as matrix disseminations or as fracture fillings. The main mineral association includes pyrite, bornite, chalcocite, native Cu, hematite, goethite and other Fe-hydroxides; as accessory minerals appear digenite and covelite, chalcopyrite, tennantite, cuprite, and rare Cu-Co sulphides and chemically diverse arsenates (Ca, Mg, Cu, V, Y and/or REE). The mineralization is rather incipient when hosted by the Xisto-Gresoso Subgroup rocks, developed essentially as disseminations and/or micro-fracture fillings, although, rarely, it can be found as semi-massive ore. The main mineral association includes pyrite, chalcocite, hematite, goethite and other Fe-hydroxides; as accessory minerals appear digenite and covelite, chalcopyrite, bornite, tennantite, enargite, sphalerite, galena and rare Pb-sulphoarsenides, Cu-As-Bi-S and Cu-Bi-S sulphosalts and diverse Cu-Pb-As-S minerals.

Differences shown by the mineralization hosted in the Xisto-Gresoso Subgroup and in the C5b Formation, regarding their intensity and mineralogical composition, seem to be due to different chemical reaction pathways established between mineralizing fluids and host rocks of very different compositions; these are later enhanced by heterogeneous oxidation of the host rocks, due to the higher chemical vulnerability of carbonate rocks during meteoric water circulation.

Microprobe results show rather homogeneous compositions of the minerals, with little deviations to their ideal stoichiometry, whatever the host rock composition or textural context; the only exceptions are the Cu and Cu-Fe sulphides due to their ability to form wide solid-solutions within the Cu-Fe-S system.

The mineralization is undoubtedly epigenetic and polifasic, sharing many characteristics with other fault-related Cu-Zn-Pb deposits of Damara (Namibia) and Lufilian (Democratic Republic of Congo and Zambia) belts. The destabilization of metal complexes that are transported by hydrothermal fluids (of crustal source, saline and acid pH) leads to sulphide precipitation as the outcome of buffering reactions

established between the fluids and the carbonate and siliciclastic host rocks. The sustainability of the mineralizing process seems to relate with periodic fluid flow favored by fragile deformational events induced by recurrent seismic cycles of Falha das Hematites throughout time.

Minerals textural relations and chemical composition suggest wide chemical composition variability of the mineralizing fluids throughout time, characterized by the following (concerning major chemical elements): an initial Fe (\pm Cu) stage, responsible for pyrite (\pm chalcopyrite) precipitation, followed by precipitation of tennantite \pm enargite and chalcopyrite from a Cu and As phase, the latter commonly substitutes the former pyrite aggregates; subsequent Cu(\pm Zn \pm Pb) phases promoted sphalerite precipitation and substitution of the early sulphide phases by progressively enriched Cu- and/or Pb-minerals. Late meteoric water circulation lead to the precipitation of Fe-(hydr)oxides and native Cu (\pm cuprite \pm arsenates), by destabilization of the previous sulphide phases.

The comparative study of the tectono-sedimentary evolution of West Congo, Damara and Lufilian belts do not rule out the possible occurrence of Cu-Co stratiform mineralizations in the Neoproterozoic meta-sedimentary domains of the Angolan territory.

Key-words: Cu epigenetic mineralizations, Tetelo, West Congo Belt

*“Caminante, son tus huellas
el camino, y nada más;
caminante, no hay camino,
se hace camino al andar.”*

Antonio Machado, 1912

1 - INTRODUÇÃO

O conjunto de actividades de investigação conducentes à presente Dissertação de Mestrado, desenvolvidas entre Abril e Dezembro de 2010, desenrolou-se no âmbito do Protocolo de Cooperação Técnico-Científica, assinado a 27 de Maio de 2009 entre a Genius Mineira Lda. e a Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, inserindo-se nos trabalhos de prospecção e pesquisa em curso na Concessão Mavoio (Maquela do Zombo, Angola).

O cobre é uma matéria-prima que tem acompanhado a evolução da civilização desde os tempos pré-históricos tendo inclusivamente uma das suas ligas metálicas dado nome a um período: Idade do Bronze (liga metálica de cobre e estanho). Trata-se de um elemento metálico dúctil, excelente condutor de calor e electricidade, resistente à corrosão e antimicrobiano, propriedades que o tornam (isoladamente ou sob a forma de ligas polimetálicas) matéria-prima de eleição para uma vasta gama de aplicações essenciais aos padrões de vida da Sociedade tal como a conhecemos e seu desenvolvimento futuro, sendo utilizado, por exemplo: nas redes de distribuição eléctrica e redes telefónicas clássicas, nas indústrias electrónica (e.g. computadores pessoais) e dos transportes (e.g. um veículo ligeiro contém em média 25 kg de Cu; um comboio convencional pode atingir as 2 t) e nos mais variados produtos de uso corrente (The World Copper Factbook, 2010). Neste sentido, as sucessivas etapas de exploração do cobre, desde a mineração até à sua transformação e incorporação numa multiplicidade de produtos de valor acrescentado, passando em última instância pela sua reutilização e reciclagem, representam um ciclo de produção complexo cujo contributo no Produto Interno Bruto da economia de diversos países, qualquer que seja o seu estado de desenvolvimento económico, não pode ser ignorado, tanto pela criação de postos de trabalho como pela geração de riqueza.

A procura mundial de cobre continua em franco crescimento. No ano de 2009, a produção primária de cobre registou um valor superior a 15.7 milhões de toneladas (Fig. 1.1), tendo o consumo de cobre refinado averbado um valor superior a 18 milhões de toneladas (Fig. 1.2), essencialmente impulsionado pelo consumo registado pelo mercado asiático (em particular o chinês, com um incremento de 38% em 2009) o qual cresceu mais de 500% nas últimas 3 décadas (The World Copper Factbook, 2010).

No que respeita ao valor a que este metal é transaccionado no mercado internacional (com excepção do ano de 2008 em que se registou uma queda abrupta para valores próximos dos praticados no ano de 2004, em virtude da crise mundial), tem-se registado uma tendência de subida sistemática nos últimos 10 anos, atingindo 9840 US\$ por tonelada a 1 de Fevereiro de 2011 (London Metal Exchange; Fig. 1.3).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

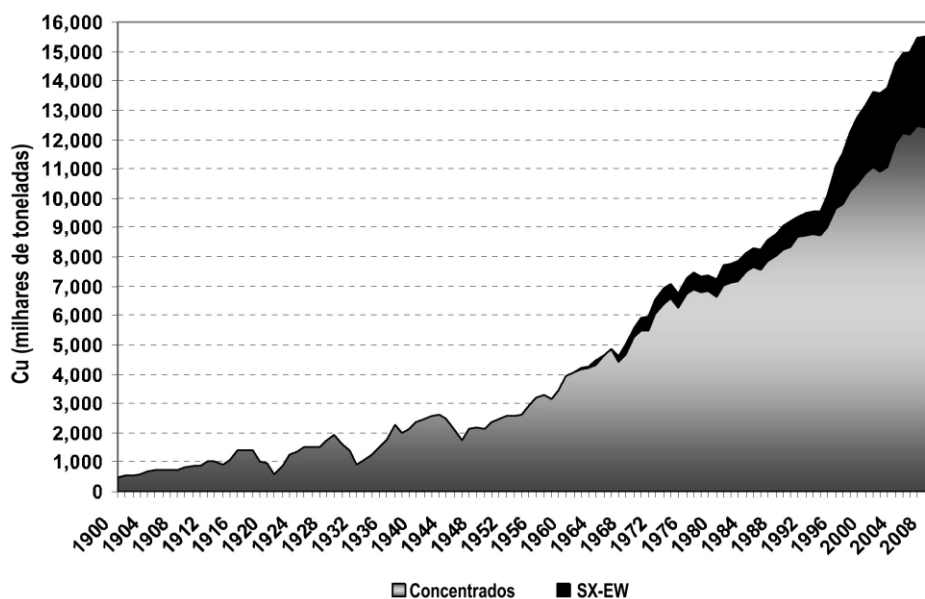


Fig.1.1: Produção primária de cobre a nível mundial entre os anos 1900 e 2009. Fonte: ICSG

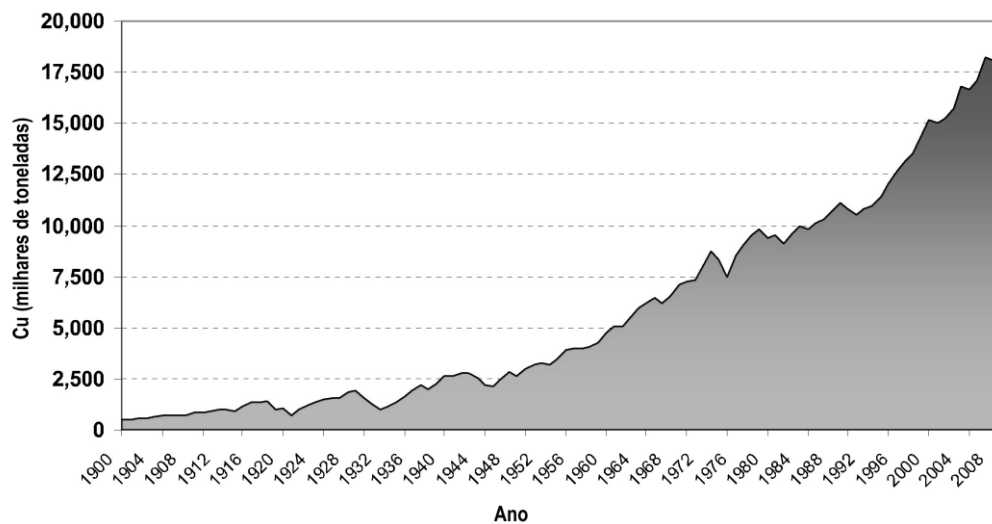


Fig. 1.2: Consumo mundial de cobre entre ao anos de 1900 e 2009. Fonte: ICSG.

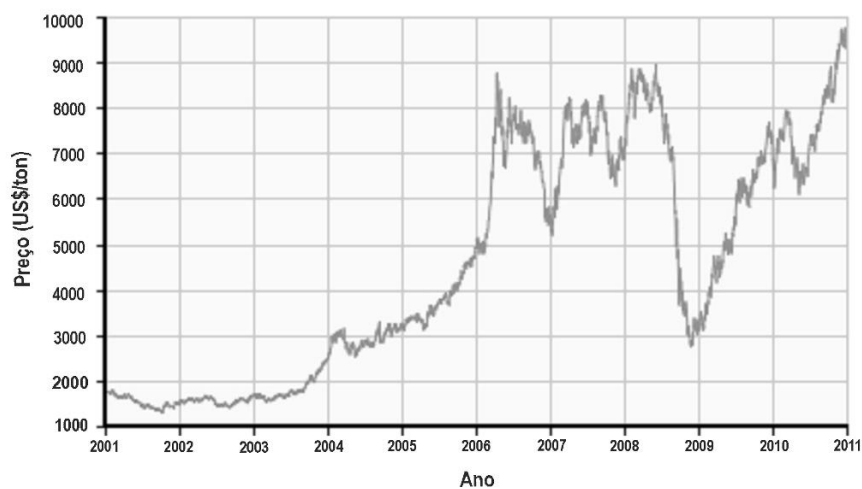


Fig. 1.3: Valor de transacção do cobre no mercado internacional entre 2001 e 2011. Fonte: London Metal Exchange

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

O crescimento contínuo da procura de Cu a nível mundial, ao qual se associa um aumento sustentado do valor de transacção do Cu no mercado internacional, justifica a necessidade de criar e/ou manter investimentos em actividades de reavaliação de depósitos conhecidos, tidos como economicamente inviáveis em dado momento e de prospecção e pesquisa de novos depósitos.

A Província do Uíge (NW de Angola) apresenta elevado potencial mineiro, sublinhado pela existência de: 1) vários depósitos de Cu anteriormente explorados (Mavoio, Bembe e Báua); 2) numerosas ocorrências de Cu, Pb, Zn, V e Fe, para além de ocorrências de talco, constituindo este último importante registo de actividade hidrotermal¹ (Stanton et al, 1962; Stanton, 1963; Ferrão et al, 1966, de Araújo et al, 1998). É digno de realce o facto de a grande maioria destes depósitos/ocorrências minerais se encontrarem na dependência (directa ou indirecta) de importantes zonas de falha de desligamento (a mais importante das quais designada por “Falha das Hematites”) ou cavalgamentos (“Falha do Bembe”), denunciando um controlo estrutural das mineralizações.

A jazida de Cu de Tetelo localiza-se na Província do Uíge, no NW de Angola, cerca de 1 km a NE do depósito de Mavoio, tendo a sua identificação sido fruto de uma campanha de sondagens realizada pela Empresa de Cobre de Angola (ECA) entre 1947 e 1961. Em Tetelo são conhecidas as características fundamentais da mineralização e suas rochas hospedeiras, muito embora subsistam dúvidas quanto à identificação e/ou amplitude de variação composicional apresentada por várias fases minerais essenciais e acessórias, assim como quanto à evolução do processo mineralizante primário e transformações tardias conducentes ao desenvolvimento das paragénese minerais secundárias, cuja análise se afigura determinante à compreensão dos enriquecimentos metalíferos observados.

¹ O talco, no contexto de litologias carbonatadas, resulta da alteração hidrotermal intensa e localizada registada por rochas dolomíticas, como produto do processo de desdolomitização associado à interacção com fluidos sobressaturados em sílica.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

2 - OBJECTIVOS

A presente Dissertação de Mestrado teve como objectivos essenciais a identificação:

- Da natureza mineralógica e amplitude de variação composicional das fases minerais constituintes da mineralização, tanto disseminada como maciça;
- Dos mecanismos envolvidos no processo mineralizante;
- Dos principais controlos geoquímicos e estruturais da mineralização, nomeadamente dos domínios de maior enriquecimento metalífero e, consequentemente, maior potencial económico.

Como objectivos complementares, mas não de somenos importância, surgem a:

- Definição de alvos propícios (*releasing bends*) ao longo da “Falha das Hematites” com potencial para hospedar outros sistemas mineralizantes como resultado da focalização de fluidos metalíferos em sucessivos eventos de reactivação da zona de falha;
- Estudo comparativo entre os Cinturões Neoproterozóicos do Congo Ocidental, Damara e Lufiliano e análise do potencial metalogenético das unidades Neoproterozóicas do território Angolano.

De forma a atingir os objectivos supra referidos foi realizada a:

- Caracterização petrográfica, mineralógica e geoquímica multi-elementar de 54 testemunhos de sondagem representando diversas unidades geológicas e lenticulas mineralizadas e integração dos resultados obtidos;
- Decomposição geométrica e análise cinemática da “Falha das Hematites”;
- Compilação e análise de informação lito-estratigráfica, geocronológica e metalogenética relativa aos Cinturões neoproterozóicos do Congo Ocidental, Damara e Lufiliano.

O conjunto de dados obtidos contribuirá, expectavelmente, para o programa de avaliação do potencial económico de Tetelo, em fase avançada de concretização por parte de Genius Mineira Lda.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

3 - ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A jazida de Tetelo localiza-se no Cinturão do Congo Ocidental, o qual apresenta cerca de 1400 km de comprimento e 150 a 300 km de largura, estendendo-se paralelamente à costa da África Central, entre o Gabão e Angola (Fig. 3.1). Este Cinturão integra o conjunto de Cinturões Neoproterozóicos formados como resultado da fragmentação do supercontinente Rodinia e posterior orogenia Pan-Africana, tendo esta última decorrido entre os 800 e os 500 Ma (Tack et al, 2001)

De acordo com os dados cartográficos (Fig. 3.2) disponibilizados pela Genius Mineira, na área em estudo afloram unidades litológicas pertencentes ao Supergrupo do Congo Ocidental, nomeadamente à parte superior do Grupo Congoliano Ocidental. Estas formam os subgrupos Xisto-Calcário e Xisto-Gresoso, aos quais se sobrepõem em discordância (marcando um importante hiato temporal) os depósitos continentais do Grupo Kwango, do Cretácico Superior. São ainda reconhecidas duas zonas de falha com direcção geral NE-SW, atribuídas por Stanton (1963) ao sistema regional denominado “Zona de Falhas do Luango”. Destas, a mais importante toma a designação local de “Falha das Hematites”, prolongando-se por cerca de

100 km para SW de Tetelo. Trata-se de um desligamento esquerdo, inclinado 60° - 70° para E, com deslocamento horizontal estimado em mais de 1 km e abatimento do bloco oriental na ordem de 100 m (Stanton, 1963). Um dos melhores critérios para a cinemática esquerda radica na presença de fendas de tracção mineralizadas de orientação NNW-SSW na zona de Tetelo (Stanton, 1963).

Os perfis transversais fornecidos (N1, N2 e N2.5 – Figs. 2.2 e 2.3) mostram que as sondagens realizadas intersectam 5 unidades geológicas (C5a e C5b do Subgrupo Xisto Calcário; M’Pioka e Inkisi do Subgrupo Xisto-Gresoso e Kwango) e 6 lenticulas mineralizadas (“I”, em Insiki; “P”, em M’Pioka; “A”, “C1”, “C2” e “B” em C5b). Em profundidade, aproximadamente à cota 650 m, observa-se uma ramificação da “Falha das Hematites”, com diminuição de pendor, para além de um conjunto de falhas/fracturas menores.

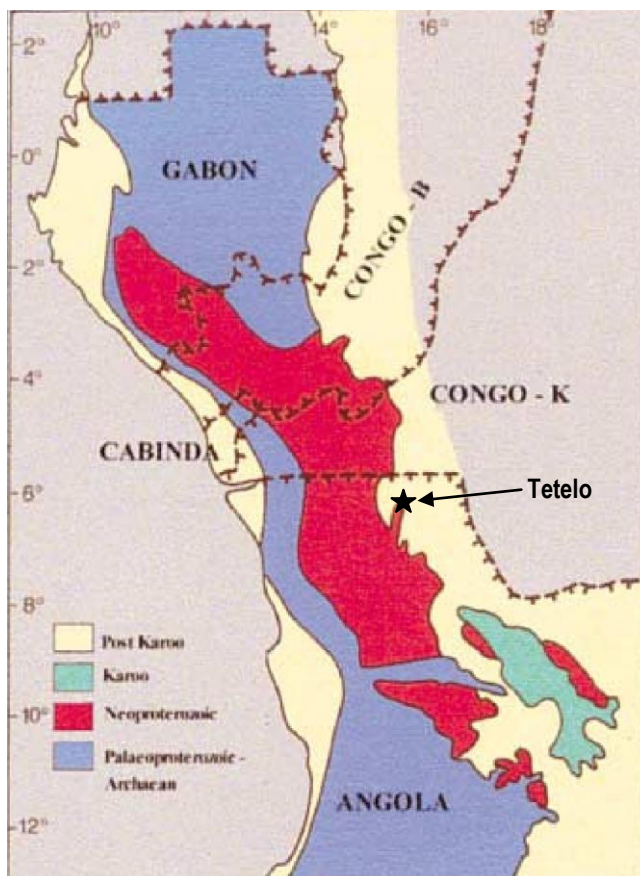


Fig. 3.1: Localização de Tetelo no contexto do Cinturão do Congo Ocidental. Adaptado de Tack et al (2001).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

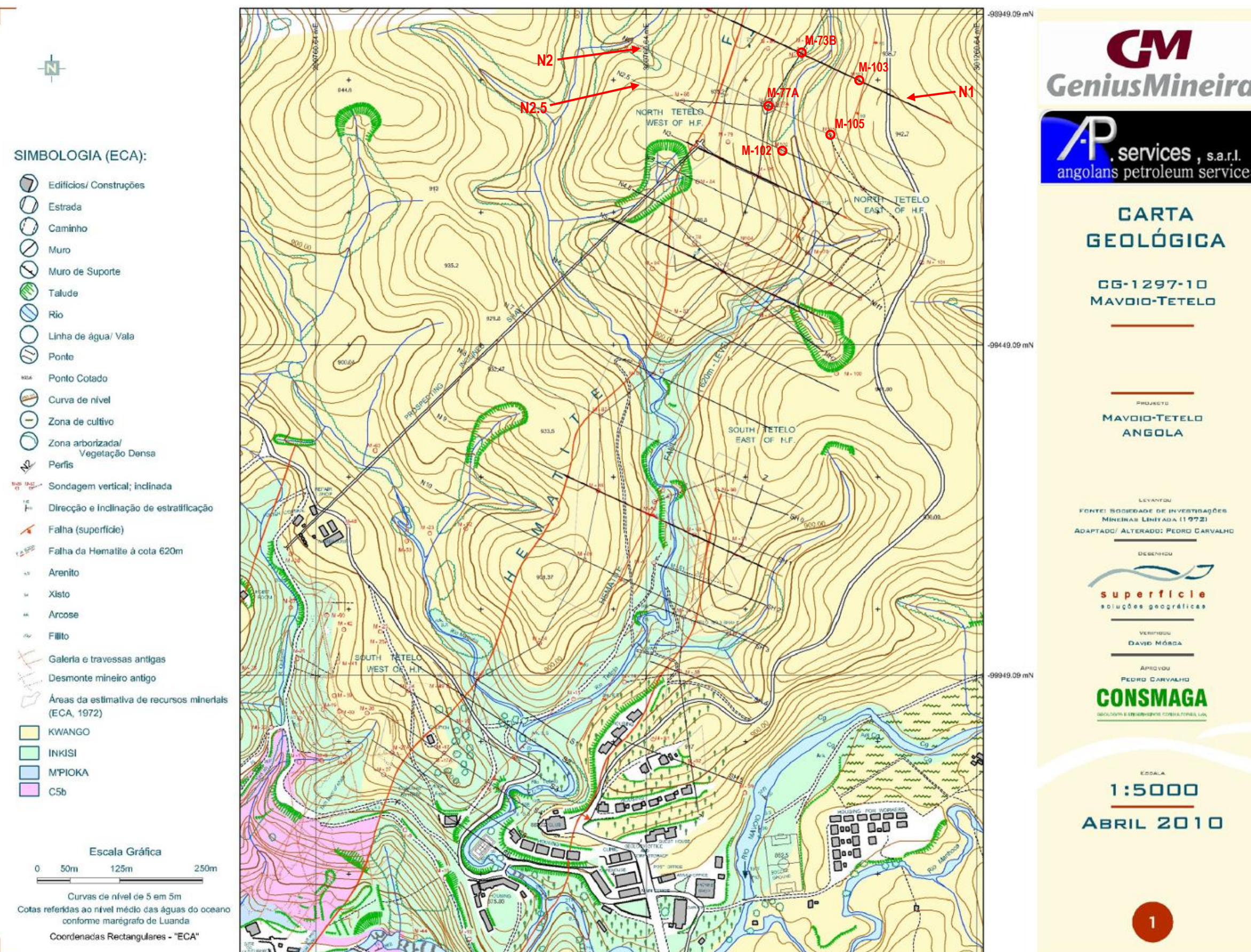


Fig. 3.2: Carta geológica à escala 1:5000 da área em estudo (Mavoio-Tetelo); setas indicam os perfis N1, N2 e N2.5; círculos marcam a localização das sondagens estudadas (M-73B, M-77A, M-102, M-103, M-105).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

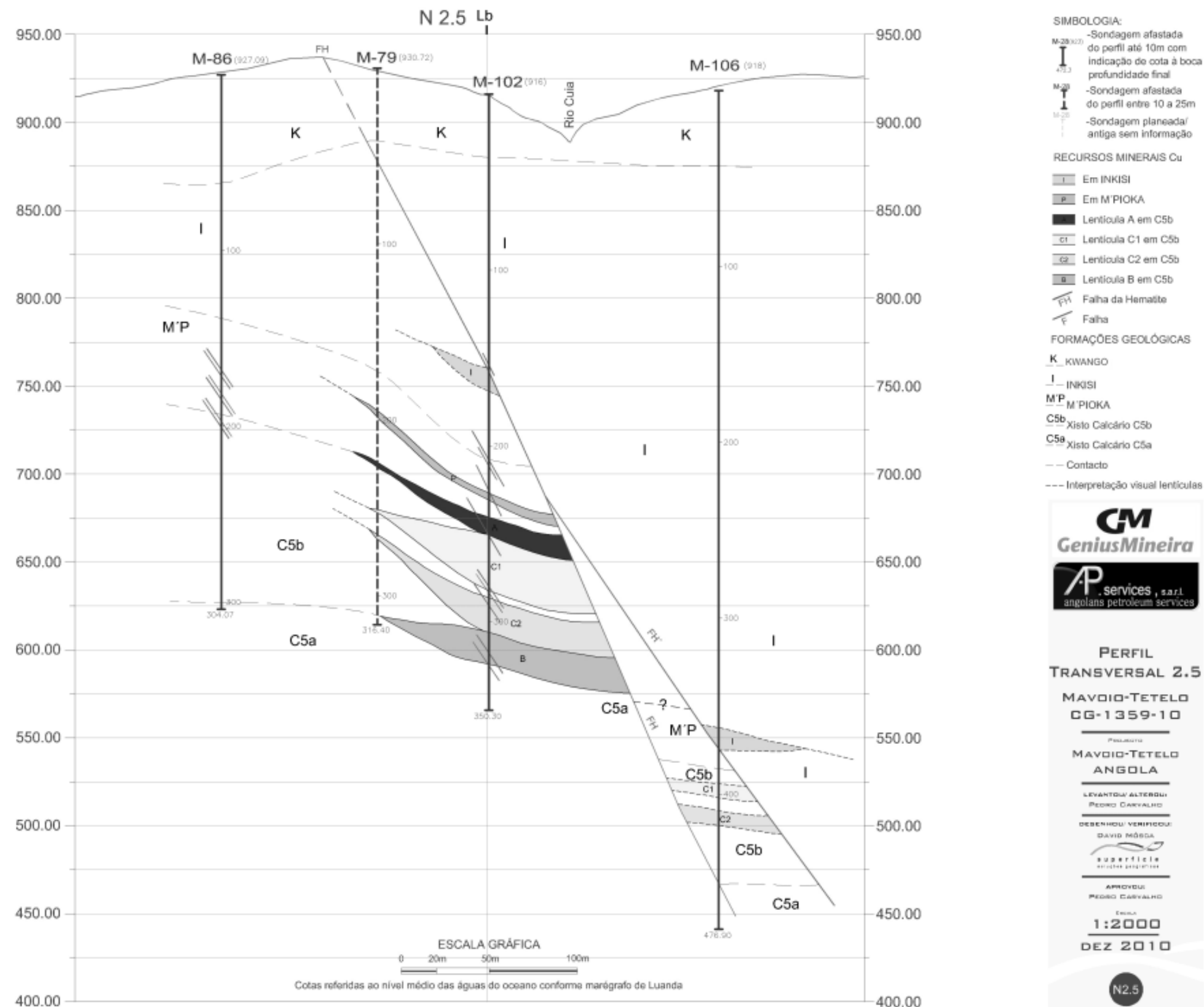


Fig. 3.3: Perfil transversal N2.5 mostrando as diferentes unidade lito-estratigráficas e lenticulas mineralizadas intersectadas por sondagem.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Far-se-á seguidamente uma breve descrição das unidades geológicas aflorantes em Tetelo de acordo com a bibliografia disponível, dando especial atenção às que foram intersectadas por sondagem e serão caracterizadas petrograficamente enquanto hospedeiras da mineralização cuprífera.

Segundo Schermerhorn (1981a), o **Subgrupo Xisto-Calcário**, com cerca de 2100 m de espessura, representa um ciclo de deposição carbonatada com diminuto acarreo detrítico. Apresenta na sua base um horizonte de tilóides/diamictitos (Tilóide Superior ou C0), com 5 a 200 m de espessura (geralmente 10 a 50 m), constituído por clastos intra- (maioritariamente calcários) e extra-basinais (de natureza ígnea e metamórfica, resultantes da erosão das rochas constituintes do substrato cratónico). Acima deste horizonte desenvolve-se um nível relativamente estreito (5-15 m) de calcários dolomíticos laminados (C1), indicando deposição rítmica numa bacia profunda, seguindo-se uma sequência espessa (até 400 m) composta por intercalações de xistos argilosos, xistos carbonatados e calcários (C2). Sobre esta última sequência depositaram-se calcários e calcários dolomíticos (C3, C4 e C5 – até 1700 m de espessura), alguns dos quais preservando o registo de fluxos súbitos de material silto-argiloso, correspondendo a formações de águas pouco profundas, com oólitos, estratificação entrecruzada e estromatólitos (Schermerhorn & Stanton, 1963).

De acordo com Stanton (1963) a Formação C5 integra dois membros: C5a e C5b:

- O membro C5a assenta em conformidade sobre C4, apresentando incremento da componente argilosa. É essencialmente constituído por xistos argilosos e calco-xistos interestratificados com camadas pouco espessas de calcários, localmente estromatolíticos (mais comuns próximo do topo) e, por vezes, camadas mais espessas de calcários fétidos, negros, recristalizados. Próximo do topo da sequência observam-se níveis de chertes negros e um tipo litológico denominado “Oólito de Kisantu” na República Democrática do Congo e, constituído por pequenos pseudo-oólitos negros e fragmentos alongados de cherte, no seio de uma matriz, geralmente chertítica, ocasionalmente rica em talco.
- O membro C5b assenta geralmente em conformidade sobre C5a, registando por vezes um rápido incremento do número e espessura das camadas calcárias. É composto essencialmente por calcários e calcários dolomíticos, comumente em estratos espessos que preservam o registo de estratificação interna muito fina. A presença de calcarenitos e calcilitos não é invulgar, os quais exibem por vezes *ripple-marks* e estratificação entrecruzada subtil; são igualmente frequentes camadas extensas e contínuas de estromatólitos, assim como pequenos corpos dispersos ou finas bandas de cherte cinzento a negro. Algumas camadas de calcário exibem silicificação de intensidade variável, quer confinada a uma camada, quer estendendo-se de forma irregular ao longo de várias camadas. Na área de Tetelo, este membro apresenta espessuras compreendidas entre 50 e 120 m.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

O **Subgrupo Xisto-Gresoso** representa um ciclo sedimentar que em Angola se expressa por deposição silicilástica contínua ao longo de uma sucessão com mais de 7000 m de espessura (Schermerhorn, 1981b). Inicia-se com uma sequência espessa (mais de 5000 m) do tipo *flysch*, contendo xistos argilosos, siltitos, grauvaques, arcoses e, por vezes, alguns horizontes de quartzito; esta sequência constitui a Formação M'Pioka (Schermerhorn, 1981a). Segundo Stanton (1963), os grãos detríticos são predominantemente de natureza quartzosa e feldspática (os últimos por vezes mais abundantes que os primeiros), encontrando-se feldspato potássico e plagioclase sódica em proporções idênticas no seio de uma matriz relativamente rica em clorite e quartzo; como constituintes menores surgem fragmentos líticos (essencialmente de argilitos) e micas (moscovite claramente predominante). Os grãos apresentam-se maioritariamente angulosos a subangulosos, verificando-se contudo um aumento do grau de rolamento com o aumento do tamanho do grão, exibindo as arcoses grãos subangulosos a subrolados. A presença de estratificação gradada, convoluta e fenómenos de injeção sedimentar constituem evidências para a deposição das fácies de M'Pioka por correntes turbidíticas. Localmente, com a proximidade ao Levantamento de M'Bridge (correspondente a um *horst* do soco cristalino a W de Tetelo, alongado segundo a direcção NE-SW e sensivelmente paralelo à “Zona de Falhas do Luango”), a Formação M'Pioka passa lateralmente a uma unidade diacrónica (P0) constituída por fácies conglomeráticas calcárias, resultantes da erosão do Subgrupo Xisto-Calcário (Stanton, 1963). Estes conglomerados, por vezes formando camadas maciças e espessas (até 30 m) integram clastos arredondados de calcário (até 50 cm de diâmetro) e fragmentos angulosos a subangulosos de cherte, de dimensões claramente inferiores, embebidos numa matriz calcarenítica ou argilítica (Stanton, 1963).

A Formação M'Pioka é coberta em conformidade pela Formação Inkisi. Esta difere da primeira essencialmente pelo carácter mais grosseiro dos seus sedimentos e pela presença de estruturas que indiciam deposição em águas pouco profundas (e.g. estratificação entrecruzada), sendo subdividida em dois membros:

- I1, com espessura máxima de 400 m, constituído por arenitos arcósicos grosseiros, apresentando por vezes lentículas de conglomerados junto à base. De modo geral, verifica-se diminuição da granulometria da base para o topo. Os grãos detríticos, rolados a subangulosos, são na sua maioria constituídos por quartzo e microclina, com quantidades menores de plagioclase sódica, moscovite e fragmentos líticos (argilito ou cherte). Tal como observado em M'Pioka, o feldspato potássico apresenta-se por vezes em excesso relativamente ao quartzo (Stanton, 1963);
- I2, com uma espessura mínima de 800 m, compreendendo grauvaques feldspáticos e arcoses de grão médio a fino, para além de intercalações menores de argilitos e siltitos (Stanton, 1963; Schermerhorn, 1981b). Os grãos detríticos, com a mesma composição mineralógica já observada em I1, apresentam-se angulosos a subrolados. Os fragmentos líticos constituem por

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

vezes até 5% do total da rocha; localmente observam-se quantidades acessórias de filossilicatos (moscovite e, em menor abundância biotite verde e clorite; Stanton, 1963).

De acordo com Stanton (1963), todas as rochas pertencentes às unidades do Grupo Congoliano Ocidental aflorantes na área de Mavoio-Tetelo preservam efeitos de recristalização metamórfica de baixo grau (zona da clorite).

O **Grupo Kwango**, originalmente correlacionado com o Karroo, pertence todavia ao Cretácico Superior (Stanton, 1963). Em Tetelo esta unidade regista 20 a 80 m de espessura. Assenta sobre o Subgrupo Xisto-Gresoso (quer M'pioka, quer Inkisi) através de uma importante discordância (Stanton, 1963). Arenitos arcóscicos, por vezes muito grosseiros com seixos de quartzo ou quartzito dispersos, com abundante estratificação entrecruzada, constituem a fácies mais comum, apresentando elevada percentagem de feldspatos (essencialmente microclina, frequentemente alterada para caulinite) e micas (moscovite \pm biotite), assim como maior diversidade e quantidade de minerais acessórios (turmalina, epídoto, granada e zircão) em relação ao Subgrupo precedente. No que respeita à morfologia dos grãos, os de quartzo e acessórios apresentam-se angulosos a rolados, enquanto os de feldspato surgem com formas angulosas a subangulosas (Stanton, 1963).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

4 - METODOLOGIAS

Com vista ao integral cumprimento dos objectivos expostos no Capítulo 1 da presente Dissertação de Mestrado e tendo em conta os condicionamentos logísticos que sempre existem, optou-se por um percurso adequado à caracterização das amostras disponibilizadas e obtenção dos demais dados analíticos, cujo estudo integrado viria a resultar a redacção da presente Dissertação de Mestrado.

Pretende-se com este capítulo dar a conhecer as diferentes metodologias usadas e os objectivos específicos a atingir através de cada uma delas.

Com excepção de 14 das amostras seleccionadas para estudo de litogeoquímica multi-elementar, cujo processamento foi solicitado ao Actlabs Lda, todos os restantes procedimentos de preparação de amostras tiveram lugar nos laboratórios de mineralogia do Departamento de Geologia da FCUL.

4.1 - Amostragem

A amostragem dos 54 exemplares de testemunhos de sondagem (Tabela 3.1), com entrada na FCUL a 8 de Abril de 2010, foi realizada pela empresa Genius Mineira Lda., detentora dos direitos de prospecção e pesquisa na área da Concessão Mavoio, na qual se encontra localizada a jazida de Tetelo. Os critérios de amostragem visaram, fundamentalmente, o esclarecimento de dúvidas de cariz mineralógico suscitadas no decorrer dos trabalhos de descrição dos *logs* de sondagem por parte dos geólogos da empresa.

Tabela 4.1: Listagem dos 54 exemplares de testemunho de sondagem estudados.

M-73B			
Topo da sondagem (m)	Testemunho	Metragem	Cota (m)
917	1	273.10	643.90
	2	290.90	626.10
	3	292.85	624.15
	4	304.80	612.20
	5	313.10	603.90
	6	347.60	569.40
	7	348.90	568.20

M-77A			
Topo da sondagem (m)	Testemunho	Metragem	Cota (m)
919	1	278.70	639.97
	5	284.10	634.57
	2	286.95	631.72
	3	290.45	628.22
	4	292.45	626.22

M-102			
Topo da sondagem (m)	Testemunho	Metragem	Cota (m)
916	1	161.30	754.70
	2	164.00	752.00
	3	210.90	705.10
	4	218.15	697.85
	5	228.70	687.30
	6	232.10	683.90
	7	234.95	681.05
	8	241.10	674.90
	9	246.25	669.75
	10	250.80	665.20
	11	253.80	662.20
	12	260.15	655.85
	13	265.95	650.05
	14	290.70	625.30
	15	295.15	620.85
	16	301.25	614.75
	17	304.55	611.45
	18	306.60	609.40
	19	311.30	604.70
	20	319.00	597.00
	21	329.20	586.80

M-103			
Topo da sondagem (m)	Testemunho	Metragem	Cota (m)
932	1	333.50	596.50
	2	335.95	596.05
	3	371.40	560.60

M-105			
Topo da sondagem (m)	Testemunho	Metragem	Cota (m)
913	1	262.50	660.50
	2	263.70	649.30
	3	268.70	644.30
	4	268.80	644.20
	5	273.70	639.30
	6	277.30	635.70
	7	288.20	624.80
	8	288.30	624.70
	9	292.70	620.30
	10	300.70	612.30
	11	320.80	592.20
	12	326.90	586.10
	13	328.70	584.30
	14	334.20	578.80
	15A	342.85	570.15
	15B		
	16	345.80	567.20
	17	352.30	560.70

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo (Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

Nos perfis transversais (N1, N2 e N2.5) referentes às sondagens onde foi feita a amostragem (M-73B e M-103 em N1, M-77A e M-105 em N2 e M-102 em N-2.5), projectaram-se os 54 testemunhos nos respectivos perfis (Fig.4.1 a 4.3; Tabela 4.2).

A análise da tabela 4.2 demonstra que, não obstante os critérios de amostragem, está minimamente assegurada a representatividade das diferentes unidades litoestratigráficas e lenticulas mineralizadas atravessadas pelas sondagens efectuadas pela GM, com excepção:

- Da unidade Kwango, a qual não foi amostrada;
- Da unidade C5a, limitada a uma única amostra da sondagem M-102.

Note-se o agrupamento e consequente análise das amostras referentes às Formações Inkisi e M'Pioka (Subgrupo Xisto Gresoso) como uma única unidade litoestratigráfica, de natureza meta-siliciclástica, dadas as similitudes mineralógicas e texturais verificadas, tanto a nível macro como microscópico.

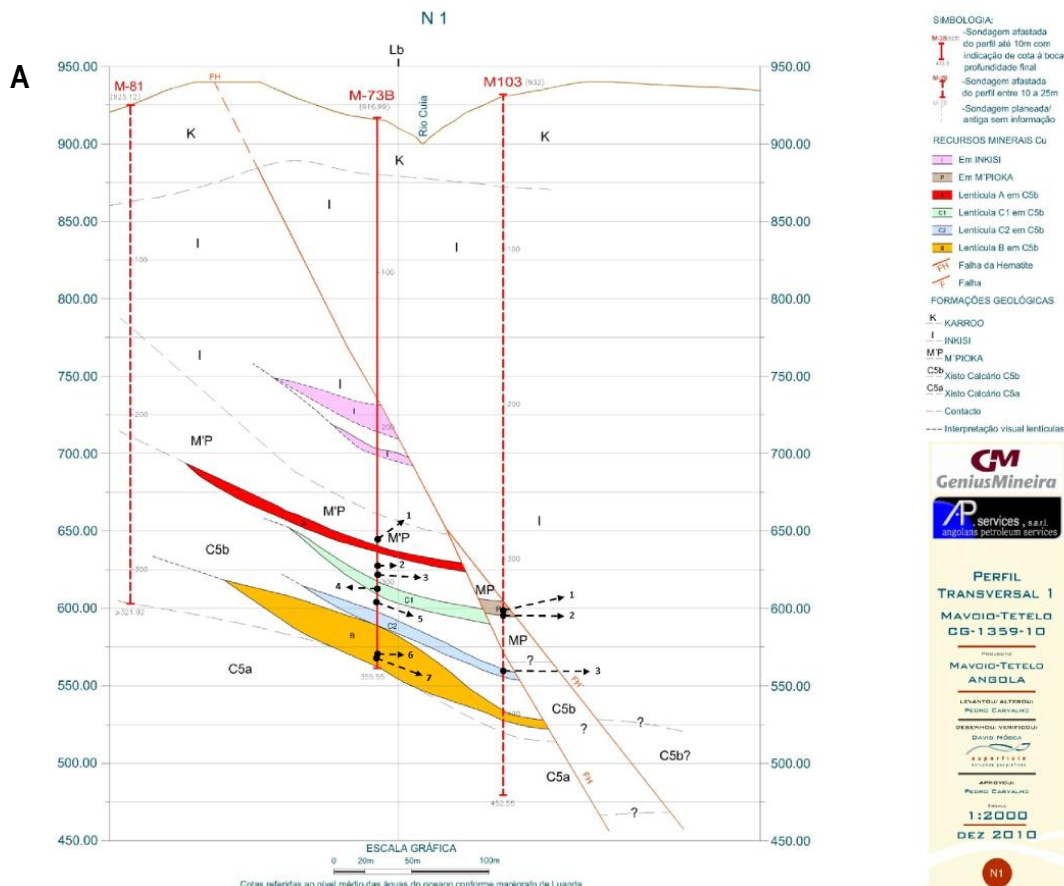
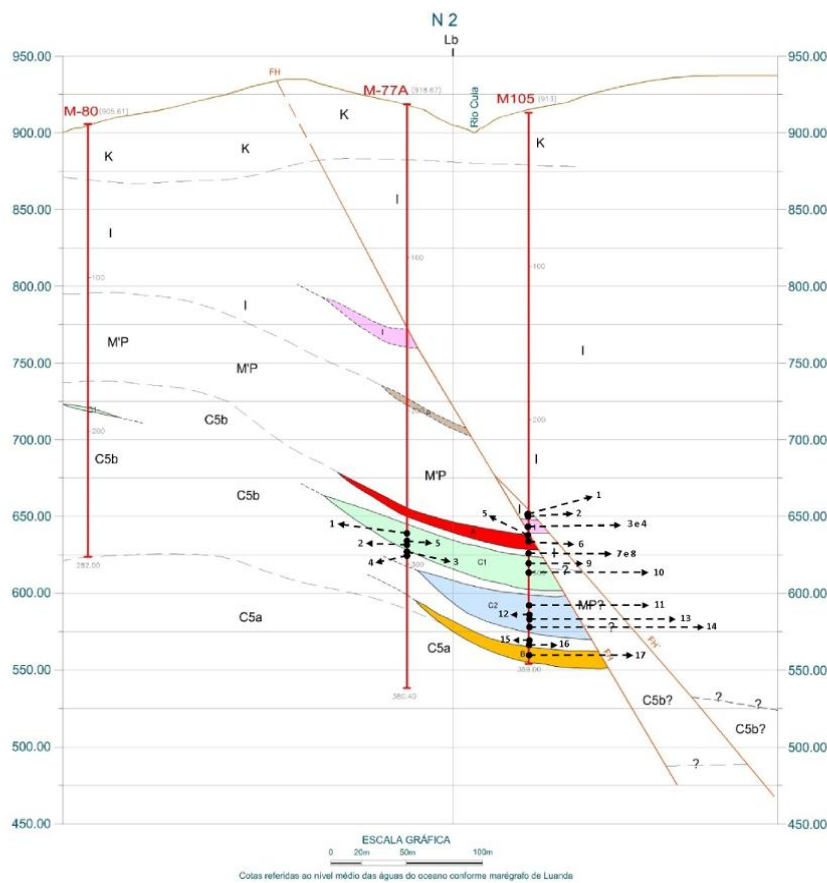


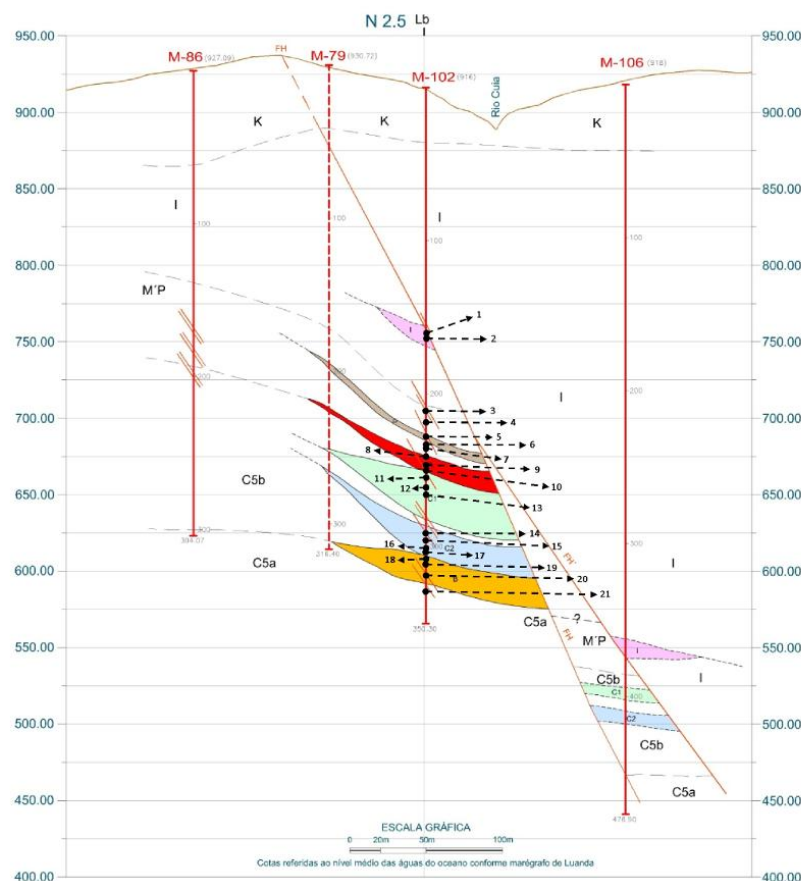
Fig. 4.1A, B e C: – Projecção dos testemunhos referentes às sondagens M-73B, M-77A, M-102, M-103 e M-105 nos perfis transversal N1, N2 e N2.5; B e C na página seguinte.

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo (Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

B



C



**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 4.2: Distribuição dos 54 testemunhos por unidade lito-estratigráfica e lenticula mineralizada

Unidade litológica	Lenticulas mineralizadas	Sondagem (metros)				
		M-73B	M-77A	M-102	M-103	M-105
Xisto-gresoso		1 (273.1)	ND	3 (210.9) 4 (218.15) 6 (232.1) 7 (234.95)	ND	1 (262.5) 2 (263.7)
	I	ND	ND	1 (161.3) 2 (164.0)	NA	3 (268.7) 4 (268.8)
	P	NA	ND	5 (228.7)	1 (335.5) 2 (335.95)	NA
C5b		2 (290.9) 3 (292.85) 5 (313.1)	3 (290.45) 4 (292.45)	ND	ND	7 (288.2) 8 (288.3) 15 (342.85) 16 (345.8)
	A	ND	ND	8 (241.1) 9 (246.25) 10 (250.8)	NA	5 (273.7) 6 (277.3)
	C1	4 (304.8)	1 (278.7) 5 (284.10) 2 (286.95)	11 (253.8) 12 (260.15) 13 (265.95)	NA	9 (292.7) 10 (300.7)
	C2	ND	NA	14 (290.7) 15 (295.15) 16 (301.25) 17 (304.55)	3 (371.4)	11 (320.8) 12 (326.9) 13 (328.7) 14 (334.2)
	B	6 (347.6) 7 (348.8)	NA	18 (306.6) 19 (311.3) 20 (319.0)	ND	17 (352.3)
C5a		ND	ND	21 (329.2)	ND	ND

Todas as amostras foram sujeitas a polimento para remover quaisquer vestígios de oxidação resultante da exposição das mesmas à atmosfera, antes de se proceder ao seu registo fotográfico integral e caracterização macroscópica detalhada com lupa binocular. O conjunto de observações daqui resultantes permitiu a selecção para estudo microscópico de diversos domínios considerados representativos de diferentes contextos mineralógico-texturais da qual resultou a manufactura de 41 lâminas delgadas polidas (LDP).

4.2 - Petrografia

Após corte das amostras com serra diamantada e subsequente manufactura das 41 LDP, procedeu-se à sua caracterização microscópica em luz transmitida e reflectida e ao registo detalhado das observações em fichas petrográficas individuais. Foram documentados fotograficamente os domínios considerados mais relevantes de cada LDP observada, tanto a nível textural como mineralógico.

O trabalho petrográfico visou a caracterização mineralógico-textural das rochas encaixantes da mineralização e dos domínios mineralizados (quer sob a forma de disseminações matriciais ou selando fracturas, quer sob a forma de minério semi-maciço e maciço), quer da sequência meta-siliciclástica, quer da meta-carbonatada. A integração das observações daqui decorrentes com os dados relativos à localização das sondagens e contextualização geológica permitiu:

- Averiguar sobre potenciais variações mineralógico-texturais, tanto em profundidade como laterais, das unidades geológicas e lentículas mineralizadas intersectadas.
- Seleccionar as LDP que seriam sujeitas a estudo de química mineral na microsonda electrónica, de forma a complementar o trabalho petrográfico realizado;
- Escolher as amostras que seriam sujeitas a análise litogeoquímica multi-elementar, cruzando com as informações obtidas através da caracterização macroscópica.

4.3 - Química mineral

As análises químicas pontuais (quantitativas e qualitativas) foram realizadas com a microsonda electrónica JEOL JXA 8200 equipada com quatro espectrómetros WDS, 7 cristais analisadores (TAP, DEE2, LIF, LIFH, PET, PETH e PETJ) e detectores de electrões secundários e retrodifundidos, para além de um espectrómetro de dispersão de energia (EDS). Estas análises foram realizadas com feixes de diâmetro 5 μm (exceptuando carbonatos, para os quais se usaram diâmetros de 25 μm), 25 nA de corrente de emissão, 15 kV de potencial de aceleração e tempos de contagem de 20 s. A rotina de calibração da microsonda recorreu à análise de padrões metálicos e de minerais de composição conhecida (Tabela 4.3).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 4.3: Condições de leitura para os elementos químicos analisados no trabalho de química mineral

Element	Standard name	Mass (%)	ZAF Fac.	Z	A	F
Ag	Ag_b_1	100.000	1.546	1.783	0.867	1.000
Se	bismuth_sel.ast	36.170	5.046	9.290	0.543	1.000
As	gallium_ars.ast	51.800	3.446	9.386	0.367	1.000
Au	Au_b_1	100.000	0.022	0.023	0.988	1.000
Bi	bismuth_sel.ast	63.830	2.246	3.221	0.697	1.000
Cd	Cal-STD	100.000	1.423	1.627	0.875	1.000
Co	skutterudi.ast	15.450	0.182	0.186	0.977	1.000
Cu	cuprite.ast	88.819	0.093	0.094	0.991	1.000
Fe	pyrite.ast	46.550	0.211	0.217	0.972	1.000
Ge	Cal-STD	100.000	6.801	10.789	0.630	1.000
Hg	cinnabar.ast	86.220	0.015	0.016	0.990	1.000
In	Cal-STD	100.000	1.283	1.455	0.882	1.000
Mn	bustamite.ast	18.827	0.263	0.270	0.971	1.000
Ni	pentlandite.ast	36.120	0.119	0.123	0.965	1.000
Pb	galena.ast	86.600	2.723	3.452	0.789	1.000
S	15kV_S_a30_1P	53.450	2.281	2.774	0.822	1.001
Sb	stibnite.ast	71.680	0.942	1.085	0.868	1.000
Sn	cassiterite.ast	78.764	1.082	1.202	0.900	1.000
Zn	sphalerite.ast	67.070	0.063	0.064	0.990	1.000

As análises de química mineral levadas a cabo com microsonda electrónica tiveram como principal intuito:

- A caracterização fidedigna de fases minerais reconhecidas durante o exame petrográfico, mas cujas propriedades ópticas ou diminuto tamanho dos grãos impediram ou levantaram dúvidas quanto à sua classificação;
- A verificação da existência potencial de diferentes gerações da mesma fase mineral com assinaturas composicionais distintas (ao nível dos constituintes traço);
- A avaliação da amplitude de variação composicional apresentada pelas fases minerais com interesse económico (óxidos, sulfuretos e sulfossais), em particular no que respeita aos conteúdos em elementos menores e traço (nomeadamente Au, Ag, Co, In e Ge).

Este estudo revelou-se extremamente importante porque permitiu não só responder aos objectivos acima propostos, como também possibilitou a identificação de fases minerais acessórias somente discerníveis em imagens de electrões retrodifundidos de grande ampliação e a observação de características texturais irresolúveis ao microscópio óptico.

4.4 - Litogeoquímica

Atendendo às informações obtidas no decurso das caracterizações macro e microscópicas a que os testemunhos foram sujeitos e à dimensão por estes apresentada, e tentando adicionalmente garantir que a sua distribuição espacial assegurava minimamente a representatividade das diferentes unidades geológicas e tipologias de minérios intersectados por sondagem, seleccionaram-se 33 amostras para análise litogeoquímica multi-elementar (Tabela 4.4).

Visto que 14 das 33 amostras seleccionadas apresentavam importantes quantidades de Cu nativo, requerendo cuidados especiais no sentido de minimizar perdas desse metal durante o processamento físico para assim garantir a autenticidade dos resultados analíticos, foi solicitado ao Actlabs Lda a preparação destes exemplares. O seguinte procedimento foi recomendado pelo seu director, Dr. Eric Hoffman:

1. Trituração grosseira (100 mesh) e separação do cobre nativo não pulverizado;
2. Pesagem das duas fracções;
3. Trituração e pulverização da fracção sem cobre nativo através de agitação num moinho de argolas de ágata;
4. Análise de ambas as fracções seguindo protocolos analíticos distintos; e
5. Reconstituição da análise de rocha total considerando os resultados analíticos e as massas das duas fracções.

O processamento das restantes 19 amostras foi realizado nos laboratórios de Departamento de Geologia da FCUL, tendo sido seguidas as práticas habituais para o tipo de rochas e minérios em questão:

1. Corte de cada amostra com serras adequadas, de forma a reduzi-las a um conjunto de fatias de reduzida espessura;
2. Limpeza das fatias obtidas com esmeril de forma a remover quaisquer eventuais contaminações (e.g. latão) resultantes da abrasão provocada pelos discos de corte durante a operação anterior. Quando na presença de amostras de dimensão assaz reduzida, a limpeza com esmeril foi limitada ou mesmo evitada;
3. Partição manual com auxílio de um martelo de aço dos vários conjuntos de fatias, previamente envolvidas em papel para impedir o contacto com o primeiro;
4. Mistura completa dos pequenos fragmentos resultantes da partição anterior e respectivo quarteamto, de modo a obter uma fracção de 120 a 150 g para cada amostra;
5. Pulverização das fracções obtidas através de agitação num moinho de argolas de ágata.


**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

A selecção dos métodos analíticos a usar na caracterização litogeoquímica, bem como dos correspondentes limites de detecção, teve em conta os objectivos seguintes:

1. Determinação fidedigna dos conteúdos em Cu e em diversos metais com interesse económico potencial, designadamente Au, Ag, Co, Cd, Ge, Zn e Pb;
2. Análise completa de elementos menores e traço potencialmente indicadores de “assinaturas composicionais” distintas entre as várias tipologias de minério e as diversas rochas encaixantes (estas últimas registando alteração heterogénea, para além de mineralização disseminada e controlada por fracturação);
3. Determinação confiável dos conteúdos em ferro e enxofre, discriminando $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ e $\text{S}/\text{SO}_4^{2-}$ com o propósito de avaliar a intensidade da oxidação registada pela totalidade das amostras, e verificar se os diferentes tipos de minério diferem na intensidade da oxidação;
4. Análise completa dos óxidos de elementos maiores, incluindo CO_2 , visando a caracterização plena das rochas hospedeiras da mineralização.

Tabela 4.4: Testemunhos seleccionados para análise química multi-elementar no ActLabs Lda.

P – processadas nos laboratórios do Departamento de Geologia da FCUL; X – processadas no Actlabs.

<div align="center">  Activation Laboratories Ltd. Request for Analysis 1428 Sandhill Drive • Ancaster, ON • L9G 4V5 • Tel: (905) 648-9611 • Fax: (905) 648-9613 • Toll Free: 1-888-ACTLABS • E-mail: ancaster@actlabs.com </div>			
# of samples	Sample Numbers (list all or range)	Sample Code	Prep. Code
M-73B-1	Mineralized sandstone (Fe, Fe-Cu and Cu sulphides)	P	
M-73B-2	Mineralized limestone [Fe-(hydr)oxides+Cu ²⁺ + Fe, Fe-Cu and Cu sulphides]	R	X
M-73B-4	Semi-massive quartz-sandstone ore [cuprite + Fe-(hydr)oxides + pyrite]	P	
M-73B-5	Semi-massive ore [cuprite + Fe-(hydr)oxides + pyrite]	P	
M-73B-7	Massive ore [Fe-(hydr)oxides + Fe and Cu sulphides]	P	
M-77A-1	Semi-massive brecciated ore with carbonate cement [Fe-(hydr)oxides+ Cu ²⁺]	R	X
M-77A-2	Mineralized limestone [Fe-(hydr)oxides + Cu ²⁺ + chalcocite]	R	X
M-77A-3	Mineralized limestone [Fe-(hydr)oxides + Cu ²⁺ + Fe and Fe-Cu sulphides]	R	X
M-102-1	Mineralized sandstone [Fe-(hydr)oxides + Fe, Zn, Pb and Cu sulphides]	P	
M-102-2	Mineralized sandstone [Fe-(hydr)oxides + Fe, Zn and Cu sulphides]	P	
M-102-3	Mineralized sandstone [Fe-(hydr)oxides + Fe, Zn and Cu sulphides]	P	
M-102-5	Semi-massive sandstone ore [Fe-(hydr)oxides + Fe, Zn and Cu sulphides]	P	
M-102-6	Mineralized sandstone [Fe-(hydr)oxides + Fe, Zn and Cu sulphides]	P	
M-102-8	Massive ore [Fe-(hydr)oxides + Fe and Cu sulphides]	P	
M-102-9	Semi-massive ore with carbonate cement [Fe-(hydr)oxides + Cu ²⁺]	R	X
M-102-12	Semi-massive brecciated ore with carbonate cement [Fe-(hydr)oxides+Fe, Fe-Cu and Cu sulphides + Cu ²⁺]	R	X
M-102-13	Semi-massive brecciated ore with carbonate cement [Fe-(hydr)oxides+Fe, Fe-Cu and Cu sulphides + Cu ²⁺]	R	X
M-102-14	Semi-massive brecciated ore with siliceous cement [Fe-(hydr)oxides + Fe and Cu sulphides]	P	
M-102-16	Semi-massive brecciated ore with carbonate cement [Fe-(hydr)oxides + Cu ²⁺]	R	X
M-102-17	Semi-massive brecciated ore with carbonate cement [Fe-(hydr)oxides + Cu sulphides and oxides + Cu ²⁺]	R	X
M-102-20	Semi-massive brecciated ore with carbonate cement [Fe-(hydr)oxides + Cu sulphides and oxides + Cu ²⁺]	R	X
M-102-21	Massive ore [Fe-(hydr)oxides + Fe and Cu sulphides]	P	
M-103-1	Mineralized brecciated sandstone with carbonate cement [Fe, Zn and Cu sulphides]	P	
M-103-2	Mineralized sandstone [Fe, Zn and Cu sulphides]	P	
M-103-3	Mineralized limestone [Fe-(hydr)oxides + Cu ²⁺ + Fe-Cu and Cu sulphides]	R	X
M-105-1	Mineralized sandstone [Fe, Zn and Cu sulphides]	P	
M-105-2	Mineralized limestone [Fe-(hydr)oxides + Cu ²⁺ + Fe, Fe-Cu and Cu sulphides]	P	
M-105-7	Mineralized limestone [Fe-(hydr)oxides + Fe and Cu sulphides]	P	
M-105-9	Mineralized limestone [Fe-(hydr)oxides + Cu ²⁺ + Fe-Cu and Cu sulphides]	R	X
M-105-11	Massive ore [Fe-(hydr)oxides + Fe and Cu sulphides]	P	
M-105-12	Massive ore [Fe-(hydr)oxides + Fe, Fe-Cu and Cu sulphides]	P	
M-105-13	Semi-massive brecciated ore with carbonate cement [Fe-(hydr)oxides + Cu ²⁺]	R	X
M-105-15	Mineralized limestone [Fe-(hydroxides) + Cu ²⁺]	R	X
Sample Codes: R – Rock H – Humus B – Brine C – Ore Conc. LS – Lake Sediment CR – Crushed Rock S – Soil MW – Marine Water O – Other (specify) SS – Stream Sediment HMC – Heavy Minerals V – Vegetation W – Water P – Pulp			

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Optou-se, assim, pelo “Código 4E – Research” oferecido pelo Actlabs Lda. na modalidade “Lithogeochemistry for Exploration and Research”, com a opção QUANT (dado ser expectável que muitos elementos calcófilos tenham concentrações acima da gama de valores em que operam os instrumentos analíticos usados) e 4 “Códigos 4F” para a determinação adicional de FeO, S (Sulfuretos), SO₄ e CO₂. A listagem da totalidade dos elementos analisados e respectivos limites de detecção encontram-se na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Elementos e respectivos limites de detecção cuja determinação analítica foi requerida ao Actlabs Lda. [CódigoTotal IDENT4E-research + QUANT option + 4E ICP/MS]. LOI = perda ao rubro.

Al ₂ O ₃	0.01 %	Pb	5 ppm
CaO	0.01 %	Rb	1 ppm
SiO ₂	0.01 %	Sb	0.1 ppm
Fe ₂ O ₃	0.01 %	Sc	0.01 ppm
K ₂ O	0.01 %	Se	0.5 ppm
TiO ₂	0.005 %	Sn	1 ppm
MgO	0.01 %	Sr	2 ppm
MnO	0.01 %	Ta	0.01 ppm
Na ₂ O	0.01 %	Th	0.05 ppm
P ₂ O ₅	0.01 %	Tl	0.05 ppm
LOI	0.01 %	U	0.1 ppm
Ag	0.5 ppm	V	5 ppm
As	1 ppm	W	1 ppm
Au	1 ppb	Y	1 ppm
Ba	1 ppm	Zn	1 ppm
Be	1 ppm	Zr	1 ppm
Bi	0.1 ppm	La	0.05 ppm
Br	0.5 ppm	Ce	0.05 ppm
Cd	0.5 ppm	Pr	0.01 ppm
Co	0.1 ppm	Nd	0.05 ppm
Cr	0.5 ppm	Sm	0.01 ppm
Cs	0.1 ppm	Eu	0.005 ppm
Cu	1 ppm	Gd	0.01 ppm
Ga	1 ppm	Tb	0.1 ppm
Ge	0.5 ppm	Dy	0.01 ppm
Hf	0.2 ppm	Ho	0.01 ppm
In	0.1 ppm	Er	0.01 ppm
Ir	1 ppb	Tm	0.005 ppm
Mo	2 ppm	Yb	0.01 ppm
Nb	0.2 ppm	Lu	0.002 ppm
Ni	1 ppm		

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

5 - PETROGRAFIA

Fundamentado nas observações ao microscópio óptico de luz transmitida e reflectida de 41 LDP, este capítulo tem como objectivos essenciais a caracterização textural e mineralógica das rochas hospedeiras da mineralização e dos domínios mineralizados, incluindo a caracterização individual de cada umas das lenticulas mineralizadas.

Não obstante as limitações já apontadas no capítulo anterior no que respeita à representatividade da amostragem das diferentes unidades litoestratigráficas e lenticulas mineralizadas, as 41 LDP observadas (13 referentes ao Subgrupo Xisto-Gresoso e 28 ao Subgrupo Xisto-Calcário) permitem caracterizar as sequências meta-sedimentares hospedeiras da mineralização, assim como de todas as lenticulas mineralizada: “I” na Formação Inkisi, “P” na Formação M’Pioka (ambas integradas no Subgrupo Xisto-Gresoso) e “A”, “C1”, “C2” e “B”, na Formação C5b.

5.1 - Rochas hospedeiras da mineralização

5.1.1 – Meta-sedimentos siliciclásticos (Subgrupo Xisto-Gresoso)

Neste subconjunto de amostras prevalecem rochas meta-areníticas de natureza arcósica a subarcósica com calibração má a moderada, de grão muito fino a fino (embora se observem raros exemplos com granularidade média/grosseira) predominantemente sub-anguloso desenvolvendo contactos frequentemente suturados e extinção ondulante; a estes sedimentos (sub)arcósicos associam-se raros meta-arenitos e meta-siltitos quartzosos. Para além do quartzo e feldspatos (essencialmente microclina e plagioclase), claramente predominantes, surgem como fases subordinadas carbonatos, sericite, minerais de argila, rútilo, zircão e anfíbola. A matriz, quando presente, é essencialmente constituída por quartzo micrométrico e agregados muito finos de moscovite e minerais de argila, estes últimos certamente resultantes da alteração de feldspatos. Frequentemente, observam-se espaços vazios, associados ou não a redes heterogéneas de fracturas, no bordo dos quais os grãos detríticos, com destaque para os feldspatos, apresentam evidências de alteração/corrosão (e.g. M-102-2; estampa 1A). Estes espaços encontram-se muitas vezes parcialmente colmatados por fases minerais opacas. Mais raros, mas ainda assim presentes, são os micro-corredores de cisalhamento aos quais se associa esmagamento/fracturação dos grãos e consequente redução da sua granularidade, conferindo nalguns casos um “bandado” granulométrico à rocha; os planos de movimento encontram-se por vezes preenchidos por precipitados hidrotermais ricos em minerais opacos (e.g. M-105-1; estampa 1B). Ocasionalmente os filossilicatos desenvolvem uma fábrica textural ao longo das linhas de sutura inter-

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

granular, subparalela ao alongamento maior dos grãos de quartzo com baixa esfericidade, definindo uma direcção preferencial (e.g. M-103-1; estampa 1C). Salienta-se ainda a presença de uma importante componente carbonatada em algumas das amostras observadas, sob a forma de: 1) “bolsadas” constituídas por grãos grosseiros que se distribuem heterogeneamente na matriz e no seio das quais os grãos detríticos apresentam contactos que denunciam menor grau de compactação (LDP M-73B-1 e M-103-2; estampa 1D); 2) grãos grosseiros colmatando fracturas matriciais (LDP M-103-2, M-105-3 e M-105-4; estampa 1E); e 3) precipitados hidrotermais finos, muitas vezes em estreita associação com grãos de minerais opacos (M-103-1).

A presença de um testemunho de natureza meta-carbonatada neste subconjunto de amostras (M-105-2) poderá dever-se à maior proximidade da “Falha das Hematites”, factor corroborado pelo carácter fortemente fracturado e heterogranular observado.

5.1.2 - Metassedimentos carbonatados (Formação C5b)

Este subconjunto de amostras compreende rochas meta-carbonatadas de granularidade muito variável, desde grão muito fino a muito grosseiro. Os termos de menor granularidade serão os que se aproximam mais do protólito, sendo menos afectados pela recristalização dinâmica na dependência de (micro)zonas de cisalhamento (e.g. M-105-6; Estampa 2A) e/ou por processos de dissolução-reprecipitação tardia (e.g. M-77A-3 e 4 e M-105-9 e 10; Estampa 2B), aos quais se atribui o carácter grosseiro e/ou heterogranular verificado em diversos testemunhos. A presença do testemunho M-73B-4, de carácter genético indubitavelmente detrítico, parece apontar para uma caracterização incompleta desta Formação na bibliografia disponível.

Sublinha-se a presença frequente de redes densas e anastomosadas de (micro-)fracturas, colmatadas tanto por precipitados hidrotermais rítmicos, geralmente caracterizados por fases minerais opacas nos bordos e carbonatos grosseiros na zona central, como por apenas uma das fases minerais, as quais se desenvolvem quer nos metacarbonatos de granularidade muito fina (correspondente ao protólito), quer nos metacarbonatos grosseiros matriciais, conferindo às rochas o aspecto brechificado frequentemente observado (e.g. M-105-2; Estampa 2C). As fases minerais opacas não ocorrem exclusivamente no preenchimento de (micro-)fracturas intra- e intergranulares, ocorrendo também nos espaços intersticiais, tanto ao longo das junções intergranulares dos carbonatos grosseiros, substituindo-os parcialmente (Estampa 2D), como nos contactos entre os clastos de dimensão muito fina a fina e os carbonatos grosseiros (e.g. M102-17, M-105-9 e 10); mais raramente, as fases minerais opacas sublinham os planos de clivagem dos carbonatos grosseiros (M-77A-3 e M-105-10; Estampa 2E). Frequentemente estas fases minerais desenvolvem disseminações micrométricas quer nos carbonatos grosseiros matriciais, junto ao contacto com fracturas mineralizadas, quer no cimento carbonatado ou

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

quartzoso de minério brechificado; a forte tonalidade avermelhada observada em muitas das amostras resulta da oxidação desses mesmos minerais opacos (e.g. M-77A-4).

Realce para a presença frequente de relíquias de carbonatos finos, por vezes com evidências de recristalização incipiente, no seio dos carbonatos grosseiros, sejam estes matriciais ou preenchendo veios, constituindo muito provavelmente remanescentes do protólito de grão fino (e.g. M-77A-3 e M-103-3). Os carbonatos matriciais grosseiros mostram por vezes crescimento “em pente” e zonação poligonal evidente entre domínios com e sem disseminação de fases minerais opacas, assim como fendas “en échelon” parcialmente colmatadas por estas últimas (e.g. M-77A-3 e 4). Mais raramente, observam-se bordos de carbonato límpido no contacto com as fases minerais opacas que selam as fracturas (e.g. M105-6 e 10). Localmente, são visíveis pequenos grãos de sericite e/ou talco, com particular incidência nos espaços intersticiais entre as fracturas e o protólito/carbonatos grosseiros matriciais, mas também constituindo bolsadas sistematicamente associadas às fases opacas no preenchimento de espaços vazios (M-77A-3).

Como evidências de deformação, suportando a ideia de que a sequência sedimentar em estudo foi sujeita a metamorfismo orogénico regional (Orogenia do Congo Ocidental) de baixo grau, salientam-se as seguintes: extinção ondulante, subgranulação intergranular, geminações mecânicas e traços de clivagem curvos.

LEGENDA ESTAMPA 1

A - Pormenor de matriz detrítica subarcósica evidenciando estreita associação entre vazios, gerados por dissolução de grãos detríticos, e fases opacas. M-102-2, ampliação de 4x, LTSP.

B - Pormenor de matriz arcósica cortada por microcorredor de cisalhamento materializado por grãos opacos; note-se o forte esmagamento e alteração dos grãos detríticos. M-105-1, ampliação de 10x, LTDP.

C - Detalhe da orientação preferencial dos filossilicatos em clastos detríticos de brecha meta-arenítica subarcósica. M-103-1, ampliação de 10x, LTDP.

D - Aspecto geral da matriz detrítica subarcósica compreendendo bolsadas carbonatadas. M-73-B1, ampliação de 10x, LTDP.

E - Carbonatos tardios e grãos opacos colmatando fractura em matriz detrítica arcósica. M-105-4, ampliação de 4x, LTDP.

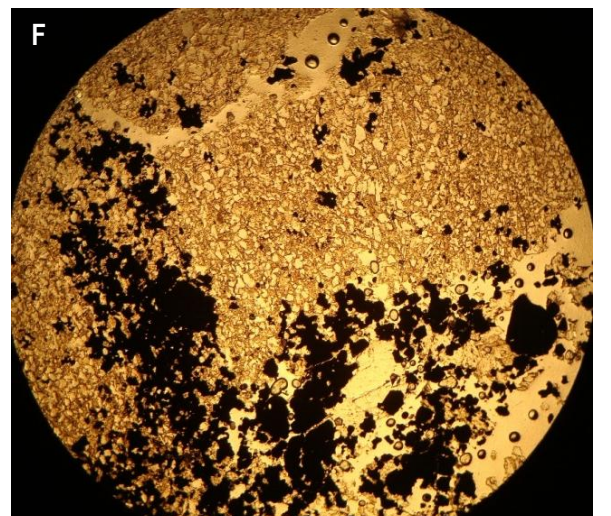
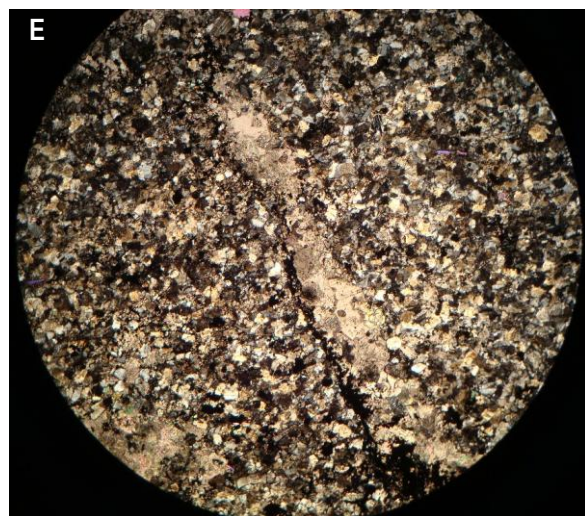
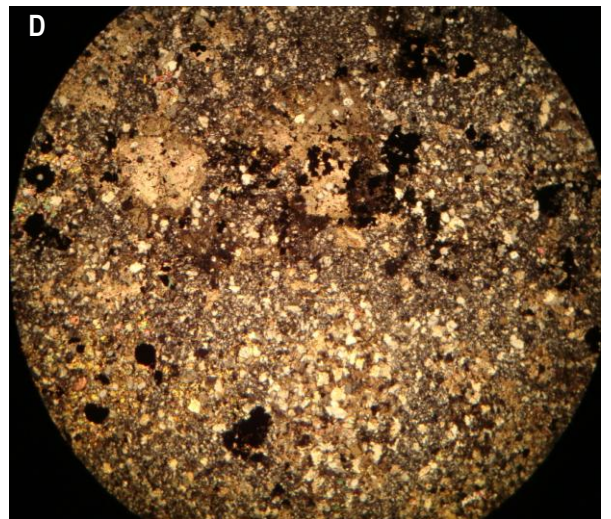
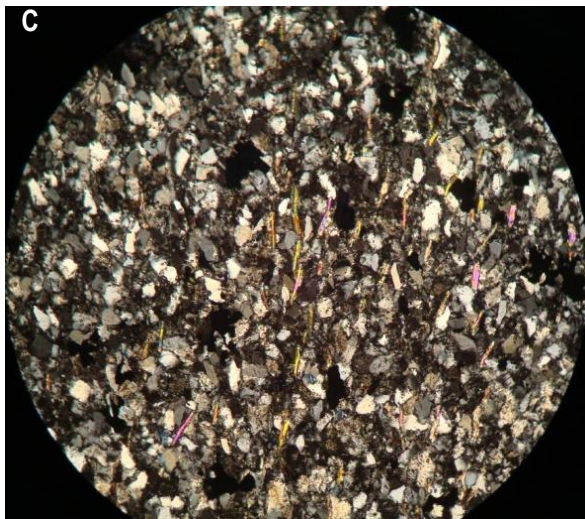
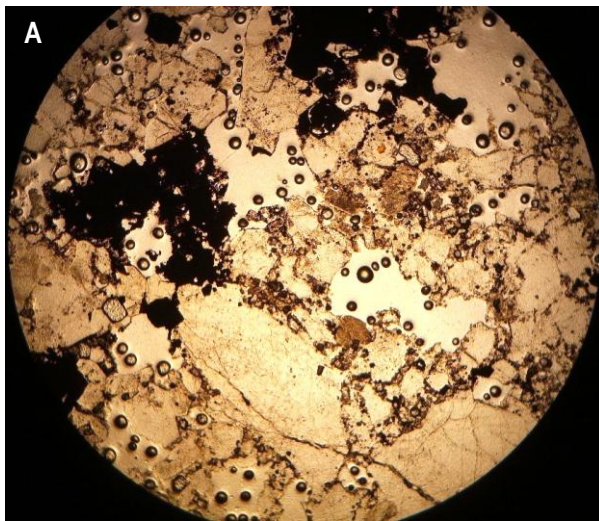
F - Clastos subarcósicos envolvidos por cimento hidrotermal constituído por carbonatos grosseiros e grãos opacos heterométricos. M-103-1, ampliação de 4x, LTSP.

LTSP – Luz transmitida simplesmente polarizada

LTDP – Luz transmitida duplamente polarizada

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

ESTAMPA 1



LEGENDA ESTAMPA 2

A – Detalhe da heterogeneidade evidenciada pelos meta-carbonatos na dependência de microzona de cisalhamento. M-105-6, ampliação de 4x, LTDP.

B - Aspecto geral de domínio de granularidade fina da matriz meta-carbonatada, provavelmente correspondendo ao termo mais próximo do protólito, afectado por processos de dissolução-recristalização dos quais resultou a precipitação de carbonatos de granularidade muito superior e fases minerais opacas. M-105-9, ampliação de 4x, LTDP.

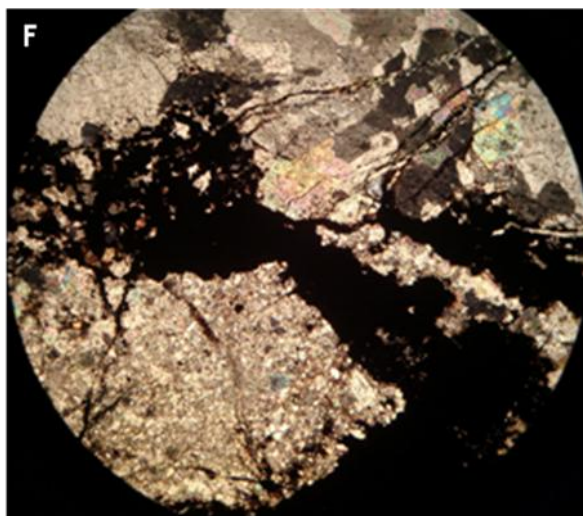
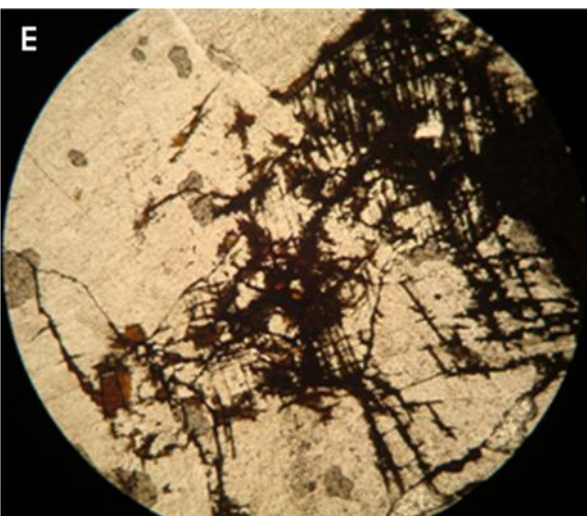
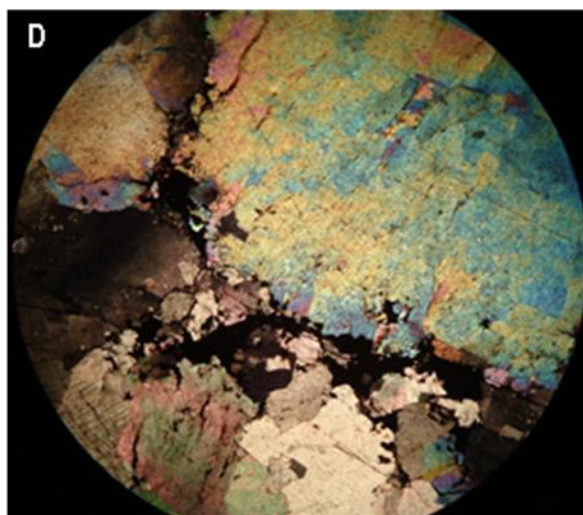
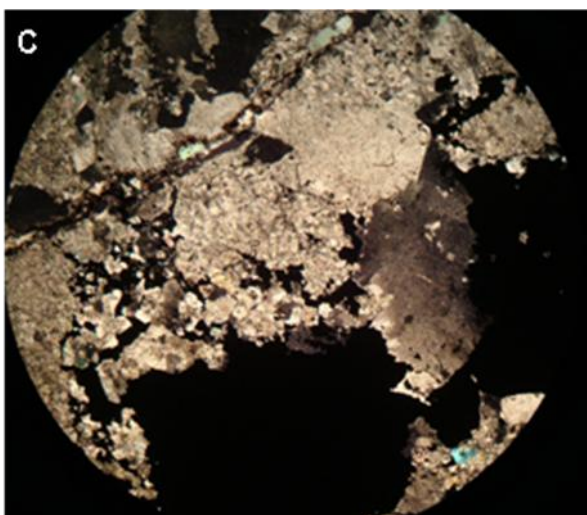
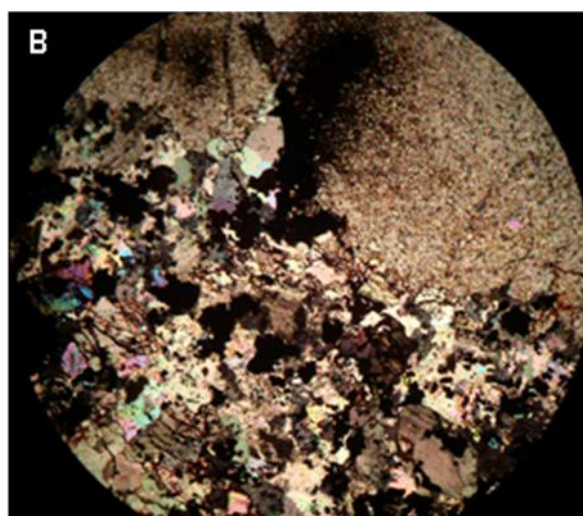
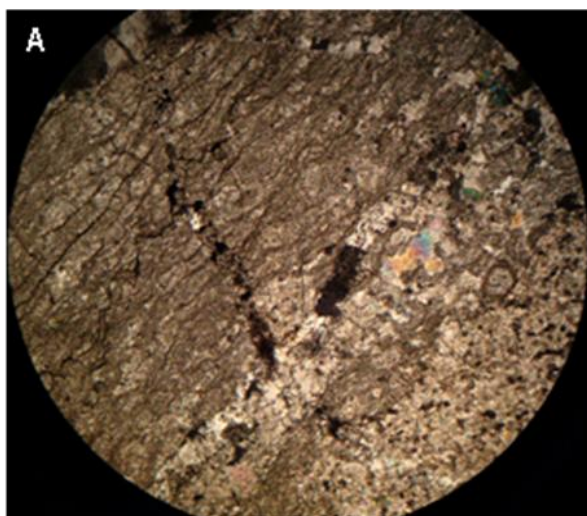
C - Matriz metacarbonatada fortemente heterogranular, cortada por rede anastomosada de fracturas, seladas tanto por carbonatos como por fases minerais opacas. M-105-2, ampliação de 4x, LTDP.

D - Substituição dos carbonatos grosseiros matriciais por fases opacas ao longo das junções intergranulares. M-105-9, ampliação de 4x, LTSP.

E - Fases minerais opacas substituindo carbonatos grosseiros ao longo dos planos de clivagem. M-105-10, ampliação de 10x, LTSP.

F - Aspecto brechificado do veio mineralizado que corta filão carbonatado, com destaque para arrancamento do protólito (carbonatos de grão fino), o qual evidencia um certo grau de recristalização. M-103-3, ampliação de 4x, LTDP.

ESTAMPA 2



**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

5.2 - Mineralização

5.2.1 - Mineralização associada ao Subgrupo Xisto-Gresoso

Nas rochas meta-areníticas do Subgrupo Xisto-Gresoso a mineralização que se desenvolve é bastante incipiente, originando predominantemente disseminações e/ou selando pequenas fracturas; verificam-se, porém, raros domínios de mineralização semi-maciça. Assim, as fases minerais opacas ocorrem no preenchimento: (1) de espaços vazios matriciais, por vezes associados a bolsadas carbonatadas (e.g. M-73B-1); e/ou (2) de redes de fracturas intergranulares, sendo a mineralização tanto mais intensa quanto maior a densidade e conectividade das diferentes discontinuidades, por vezes acompanhadas por carbonatos grosseiros (e.g. M-105-4). Frequentemente observa-se a presença de grãos detríticos no seio das fases minerais opacas (e.g. M-102-1), assim como de bordos de corrosão nos grãos opacos, alguns dos quais preservando apenas os seus contornos externos, sempre em íntima associação com espaços vazios (e.g. M-102-2).

A associação mineral principal inclui pirite, calcocite, hematite, goethite e outros hidróxidos de Fe, surgindo como acessórios fases análogas a digenite e covelite², calcopirite, bornite, galena, esfalerite, tenantite, enargite e diversas fases de Pb-As-S, Cu-Pb-As-S, Cu-As-Bi-S e Cu-Bi-S.

5.2.1.1 - Lenticula Mineralizada "I"

Apesar de intersectada por todas as sondagens, com excepção da M-103, esta lenticula mineralizada encontra-se representada apenas por amostras das sondagens M-102 e M-105, nomeadamente as LDP M-102-1A, 1A e 2 e M-105-3 e 4.

O tipo de mineralização observado é bastante idêntico (com excepção da LDP M-102-1B que representa um domínio de mineralização semi-maciça), manifestando-se sob a forma de agregados poliminerálicos anédricos desenvolvendo disseminações matriciais ou preenchendo diversas discontinuidades; todavia, o mesmo não acontece com as associações minerais que compõem esses mesmos agregados, os quais apresentam diferenças significativas.

Nas LDP M-105-3 e 4 (Estampa 3A e B) prevalecem agregados constituídos por pirite, intercrescida ou simplesmente associada a calcopirite, bornite e quantidades menores de tenantite(±enargite) e calcocite, observando-se ainda esfalerite quer livre, quer no seio de pirite. Na LDP M-102-1A a mineralização consiste em: 1) grãos irregulares de galena associados a pirite, esfalerite e tenantite (Estampa 3C), surgindo estes últimos também frequentemente como inclusões no seio da

² Estudos de química mineral (Capítulo 5) revelam tratar-se de sulfuretos composicionalmente intermédios entre Cu₂S e CuS.

primeira³; e 2) grãos grosseiros de pirite com fracturas inter- e intragranulares seladas por galena, aos quais por vezes se associam grãos anédricos de esfalerite com *coating* de galena (Figs. 6.22A e B). A LDP M-102-1B corresponde a um domínio de mineralização semi-maciça de pirite, preservando um evento de fracturação responsável pelo desenvolvimento de uma rede de (micro)fracturas inter- e intragranulares por intermédio das quais se deu a sua progressiva substituição por calcocite (S.I.) e, posteriormente, por (hidr)óxidos de Fe (Estampa 3D).

A LDP M-102-2 (Estampa 3A) representa um domínio de oxidação intensa, marcado por abundantes óxidos e hidróxidos de Fe desenvolvendo pseudomorfoses completas depois de pirite. Ocasionalmente, observam-se relíquias de pirite e “calcocite”, assim como grãos disseminados de esfalerite. O avanço dos processos de oxidação é bastante significativo na LDP-102-2, em claro contraste com o carácter relativamente pouco oxidado das LDP M-102-1A e 1B e M-105-3 e 4.

5.2.1.2 - Lenticula mineralizada “P”

É intersectada pelas sondagens M-77A, M-102 e M-103, estando representada por amostras das duas últimas, designadamente as LDP M-102-5, M-103-1 e 2.

A LDP M-102-5 (Estampa 3E) corresponde a minério semi-maciço brechificado, compreendendo essencialmente pirite e calcocite (s.l.), esta última depositando-se depois da primeira ao longo de microfracturas (localmente observam-se relíquias de pirite preservadas no seio de massas maiores de calcocite). Os (hidr)óxidos de Fe, formados posteriormente, preenchem uma rede dendrítica de microfracturas intragranulares na calcocite (desenvolvendo agregados criptocristalinos de cor castanha) e pirite; ocorem ainda, dispersos na matriz arenítica. Observam-se também raros grãos de calcopirite inclusos em pirite.

As LDP M-103-1 e 2 apresentam mineralização essencialmente controlada pelo desenvolvimento de descontinuidades mecânicas, não obstante a presença de disseminações. Na LDP M-103-1, a mineralização associa-se ao cimento carbonatado da brecha meta-arenítica, selando fracturas, por vezes acompanhada por carbonatos grosseiros (como observado na LDP M-103-2). A associação mineral é essencialmente composta por pirite, rodeada e substituída por calcocite (s.l.) através de (micro)fracturas. Estes sulfuretos, por vezes substituídos por (hidr)óxidos de Fe, associam-se a rara bornite (LDP M-103-1) e pequenos grãos de esfalerite; escassa calcopirite ocorre disseminada na matriz (LDP M-103-2). Apesar das semelhanças mineralógicas verificadas é digno de realce a clara predominância de calcocite sobre pirite na LDP M-103-2 (Estampa 3F), em situação claramente contrastante com a verificada na LDP M-103-1.

³ Estudos subsequentes com microsonda electrónica (Capítulo 5) revelaram também a presença de fases de Pb-As-S, Cu-Pb-As-S, Cu-As-Bi-S e Cu-Bi-S.

5.2.2 - Mineralização associada ao Subgrupo Xisto-Calcário (Formação C5b)

As rochas meta-carbonatadas da *Formação C5b* compreendem o essencial da mineralização registada na área em estudo, ocorrendo essencialmente sob a forma de minério semi-maciço e maciço, mas também formando disseminações matriciais e selando fracturas.

Tal como observado nas amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso, também na mineralização associada à sequência meta-carbonatada se verifica: 1) a presença de relíquias de matriz no seio das fases opacas; e de 2) bordos de corrosão do minério brechificado (muitas vezes apresentando evidências de um evento de cataclase prévia - e.g. M-102-21; Estampa 4A), originando ocasionalmente texturas em ilha (e.g. M-102-9; Estampa 4C), seladas por cimento carbonatado (e.g. M-105-15a; Estampa 4B) ou silicioso (apenas observado na LDP M-102-14). Salienta-se ainda a presença de (micro-)fracturas tardias, preenchidas por carbonatos grosseiros, que cortam indiscriminadamente todas as restantes estruturas (Estampa 4B).

A associação mineral principal inclui pirite, bornite, calcocite, Cu nativo, hematite, goethite e outros hidróxidos de Fe; como acessórios surgem termos análogos a digenite e covelite, calcopirite, tenantite, cuprite e raros sulfuretos de Cu-Co e arsenatos análogos a adelite e conichalcite.

5.2.2.1 - Lentícula mineralizada “A”

A lentícula “A” é intersectada por todas as sondagens amostradas, com excepção da M-103, e encontra-se representada pelas LDP M-102-8 e 9 e M-105-6.

A LDP M-102-8 corresponde a um domínio superior de minério maciço constituído essencialmente por agregados fracturados de pirite, parcialmente substituídos/“cimentados” por calcocite (s.l.) e, mais tarde, por (hidr)óxidos de Fe. Em profundidade (LDP M-102-9), este tipo de mineralização é substituído por um outro, semi-maciço, caracterizado pela substituição total das fases sulfuretadas por óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite), aos quais se associam quantidades menores de Cu nativo (Estampa 4C). Destaque para a presença (escassa) de arsenatos (Fig. 6.28), quer disseminados na matriz carbonatada, quer constituindo orlas em torno de Cu nativo.

A LDP M-105-6 apresenta um domínio em que o grosso da mineralização é inequivocamente controlado por fracturas, apresentando “calcocite”, com remanescências de pirite, rodeada e substituída por óxidos e hidróxidos de Fe (Estampa 4D). Disseminados na matriz encontram-se grãos (sub)micrométricos de pirite e calcopirite (extremamente raros), esta última evidenciando substituição por bornite.

5.2.2.2 - Lenticula mineralizada “C1”

Esta lenticula é intersectada por todas as sondagens amostradas, sendo representada pelas amostras M-73B-4, M-77A-1, M-102-12 e M-105-9 e 10.

A LDP M-77A-1, de carácter semi-maciço, representa um domínio de oxidação extrema, indicado pela presença de óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite), no essencial desenvolvendo pseudomorfoses completas depois de pirite e quantidades acessórias de Cu nativo.

A LDP M-73B-4 (Estampa 4E), também de carácter semi-maciço, apresenta pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe (aparentemente depois de pirite), grosseiras, rodeadas por uma massa de calcocite, no seio da qual se identificam microgrãos de pirite (reliquias?). Observam-se ainda pequenos grãos de pirite na matriz detrítica. Este arranjo mineralógico-textural indicia um contexto de oxidação intensa, ainda que não tanto quanto na amostra anterior (conforme denunciado pela preservação de sulfuretos primários).

As LDP M105-9, M105-10 (Estampa 4F) e M-102-12 (as duas primeiras com mineralização controlada estruturalmente e a última semi-maciça) representam zonas de forte oxidação, indicadas pela presença abundante de óxidos e hidróxidos de Fe, ainda assim em menor quantidade que na LDP M-77A-1, o que permite a preservação de fases primárias como pirite, bornite e calcopirite, para além de calcocite (s.l.), Cu nativo e cuprite (na LDP M-102-12; Estampas 5A e B), algo que não se verificava na amostra anterior.

As informações obtidas sugerem o estabelecimento de uma zonalidade marcada por incremento claro da abundância relativa de fases portadoras de Cu e diminuição da intensidade dos efeitos devidos a oxidação (contudo, ainda bastante significativa) das sondagens M-77A e M-73B em direcção às sondagens M-102 e M-105 (mais próximas da “Falha das Hematites”).

5.2.2.3 - Lenticula mineralizada “C2”

Esta lenticula é cortada por todas as sondagens amostradas para o presente estudo, com excepção da M-77A. É caracterizada pelas LDP M-102-14 a 17, M-103-3 e M-105-11, 12 e 14.

A LDP M-102-14 corresponde a minério semi-maciço brechificado com cimento silicioso grosseiro, compreendendo essencialmente hidróxidos de Fe, substituindo ao longo de fracturas agregados de calcocite (s.l.), cuja formação ocorre após a deposição de pirite. O estado bastante avançado da alteração indica ambiente consideravelmente oxidante, apesar da preservação localizada de sulfuretos primários.

As LDP M-102-15 e 16 apresentam características texturais e mineralógicas em tudo semelhantes, representando minérios semi-maciços a maciços com evidências de fracturação, aos quais se associa uma componente carbonatada grosseira (M-102-16; Estampa 5C) ou fortemente

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

heterogranular (M-102-15) em zona de oxidação muito forte. Esta última traduz-se por pseudomorfoses geralmente completas de óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite) depois de calcocite [s.l. (escassas relíquias observadas apenas na LDP M-102-15)], tendo como acessório Cu nativo, o qual preenche invariavelmente vazios (ao longo de fracturas, paredes ou centro das pseudomorfoses, ou descontinuidades intergranulares).

A LDP M-102-17 (Estampa 5D) corresponde a minério semi-maciço fortemente oxidado, com componente carbonatada claramente heterogranular, cuja associação mineral principal compreende Cu nativo e óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite) em substituição de calcocite (geralmente intercrescida com o Cu nativo), surgindo como acessórios cuprite (no seio do Cu nativo, juntamente com a calcocite) e uma fase silicatada de Fe e Mg, impregnada por micro-partículas de (hidr)óxidos de Fe.

As relações texturais observadas nas LDP M-105-11, 12 e 14 são bastante idênticas e consistentes, traduzindo um processo de substituição, facilitado por uma rede densa de (micro-)fracturas intra- ou intergranulares, do minério maciço pirítico por calcocite (s.l.) depois de tenantite (apenas na M-105-12; Estampa E) e, posteriormente, por (hidr)óxidos de Fe. O avanço dos processos de oxidação é bastante mais significativo nas LDP M-105-12 e 14 do que na M-105-11. Apesar do seu estado de alteração já bastante avançado, a LDP M-105-12 apresenta uma associação mineral claramente mais rica em fases secundárias de Cu do que os exemplares M-105-11 e M-105-14.

5.2.2.4 - Lentícula mineralizada “B”

É intersectada por todas as sondagens em estudo, com excepção da M-77A, encontrando-se representada por testemunhos colhidos nas sondagens M-73B, M-102 e M-105, dos quais se elaboraram as LDP M-73B-6 e 7, M-102-18 e M-105-17.

A LDP M-102-18 corresponde também a um domínio de minério semi-maciço, com evidências de fracturação e cimento carbonatado grosseiro, marcado por uma oxidação ainda mais forte do que a registada na amostra anterior, traduzida pela presença de pseudomorfoses completas de óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite) e pela ausência total de sulfuretos, surgindo como fases acessórias o Cu nativo e a cuprite. Apesar de projectada no topo desta lentícula, esta amostra apresenta características mineralógicas e texturais muito semelhantes às das LDP M-102-15, 16 e 17 da lentícula mineralizada anterior.

As LDP M-73-6 e 7 e M-105-17 correspondem a minério maciço pirítico que preserva evidências de um evento de fracturação responsável pela geração de fracturas intergranulares e micro-fracturas intragranulares ao longo das quais se deu a sua progressiva substituição por calcocite (s.l.) e, posteriormente, por (hidr)óxidos de Fe; note-se que, nos dois primeiros exemplares, o processo de oxidação é comparativamente pouco significativo quando se toma como referência a amostra M-105-17.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

A amostra M-102-21 (Estampa A), projectada na Formação C5a, corresponde a um domínio de minério maciço pirítico idêntico às amostras M-73B-6 e 7 e à porção menos oxidada da M-105-17. Esta observação sugere sub-delimitação da lentícula B.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 5.1 – Associação mineralógica por unidade litológica e lenticula mineralizada.

Legenda: Ars – arsenatos de Ca, Mg, Cu, V, Y e/ou ETR; Bn – bornite; Cct – calcocite^{*7}; Cop – calcopirite; Cpr – cuprite; Cu – Cu native; Cv_Co – “covellite” cobaltífera; Dg – digenite; Eng – enargite; Gn – galena; Gt – goethite; Hem – hematite; (h-Fe) – hidróxidos de Fe indiferenciados; Py – pirite; Slc Fe-Mg – Silicato de Fe e Mg; FM – fase mineral; Sp – estalerite; Tnt – temantite; NA – Não aplicável; ND – Não disponível; *1 - Termo mediano dos sulfuretos de Cu sujeitos a análise com microsonda electrónica; *2 - Apesar de se projectar fora da lenticula B, corresponde a minério maciço idêntico às amostras M-73B6 e 7 e à porção menos oxidada da M-105-17.

Unidade litológica	Lenticulas mineralizadas	Sondagem (metros)									
		M-73B	M-77A	M-102			M-103		M-105		
Xisto-gresoso		1 Py+Cct±Sp±Ccp	ND	4 Py±(h-Fe)±Sp(?)	ND	6 Hem+Gt+Py±Cct±Sp	ND	1 Py+Cct±(h-Fe)±Bn	2 Py+Cct±(h-Fe)±Ccp		
				7 Hem+Gt±Py±Sp(?)							
				1 Py+Gn±Sp±Tnt±Cct±(h-Fe)±FM Pb-As-S, Cu-Pb-As-S e Cu-Bi-As-S e Cu-Bi-S							
	I	ND	2 Hem+Gt±Py±Sp±Cct	NA	3 Py±Ccp±Bn±Cct±Sp (?)	4 Py+Ccp+Bn+Tnt±Eng±Sp(?)					
	P	NA	ND	5 Py+Cct+(h-Fe)±Sp±Ccp	1 Py±Cct±Bn	NA					
					2 Cct+Py±Sp±Ccp						
	C5b		2 Hem+Gt±Cu±(h-Fe)±Py±Ccp±Cct	3 Hem+Gt±Cu±Cct±Py±Ccp	ND	ND	15 Hem+Gt±Cu	Hem+Gt±Cu			
3 Hem+Gt±(h-Fe)±Py±Cct			4 Hem+Gt±Cu±Py±Ccp								
A		ND		8 Py+(h-Fe)+Cct	NA	6 Cct+Hem+Gt+(h-Fe)±Py±Ccp±Bn	Cct+Hem+Gt+(h-Fe)±Py±Ccp±Bn				
			9 Hem+Gt±Cu±Ars								
C1		Hem+Gt+Cct*1±(h-Fe)±Py	1 Hem+Gt±Cu	12 Hem+Gt+Dj*1+Cu+Bn+Py±Ccp±Cpr	NA	9 Cct*1+Hem+Gt+(h-Fe)±Cu±Py±Ccp	Hem+Gt+Cct*1+Bn±Py±(h-Fe)±Ccp±Cv_Co				
C2		ND		14 (h-Fe)+Hem+Gt+Py±Cct	3 Cct*1+Hem+Gt±Cu±Py±Ccp	11 Py+(h-Fe)±Cct	12 Hem+Gt+Tnt+Dg*1+Py±Ccp				
				15 Hem+Gt±Cct±Cu							
	16 Hem+Gt±Cu										
	17 Hem+Gt+Cu+Cct±Cpr±Slc Fe-Mg										
B	Py+(h-Fe)±Cct±Ccp Py+Dg*1+(h-Fe)±Ccp	NA	18 Hem+Gt±Cpr±Cu	ND	17 Py+(h-Fe)±Cct						
C5a		ND	21*2 Py+(h-Fe)+Cct	ND	ND	ND					

LEGENDA ESTAMPA 3

A - Domínio de oxidação intensa marcado por abundantes óxidos e hidróxidos de Fe desenvolvendo pseudomorfoses completas depois de pirite em meta-arenito subarcósico. M-102-5, ampliação de 5x, LRSP.

B - Agregado irregular poliminerálico constituído por pirite (Py), calcopirite (Cpy), bornite (Bn) e tenantite (Tnt) e acompanhado por carbonatos calcíticos grosseiros (Cal), selando microfractura em matriz de natureza arcósica. M-105-4, ampliação de 20x, LRSP.

C - Grão irregular de galena (Gn) selando fractura discreta em conjunto com pirite (Py); note-se a presença de numerosas inclusões de pirite e esfalerite (Sph) no seio da galena. M-102-1A, ampliação de 20x, LRSP.

D - Pormenor de substituição de pirite (Py) por “calcocite” (Cct) e, posteriormente, (hidr)óxidos de Fe (h-Fe) por intermédio de uma rede de fracturas e microfracturas. M-102-1B, ampliação de 20x, LRSP.

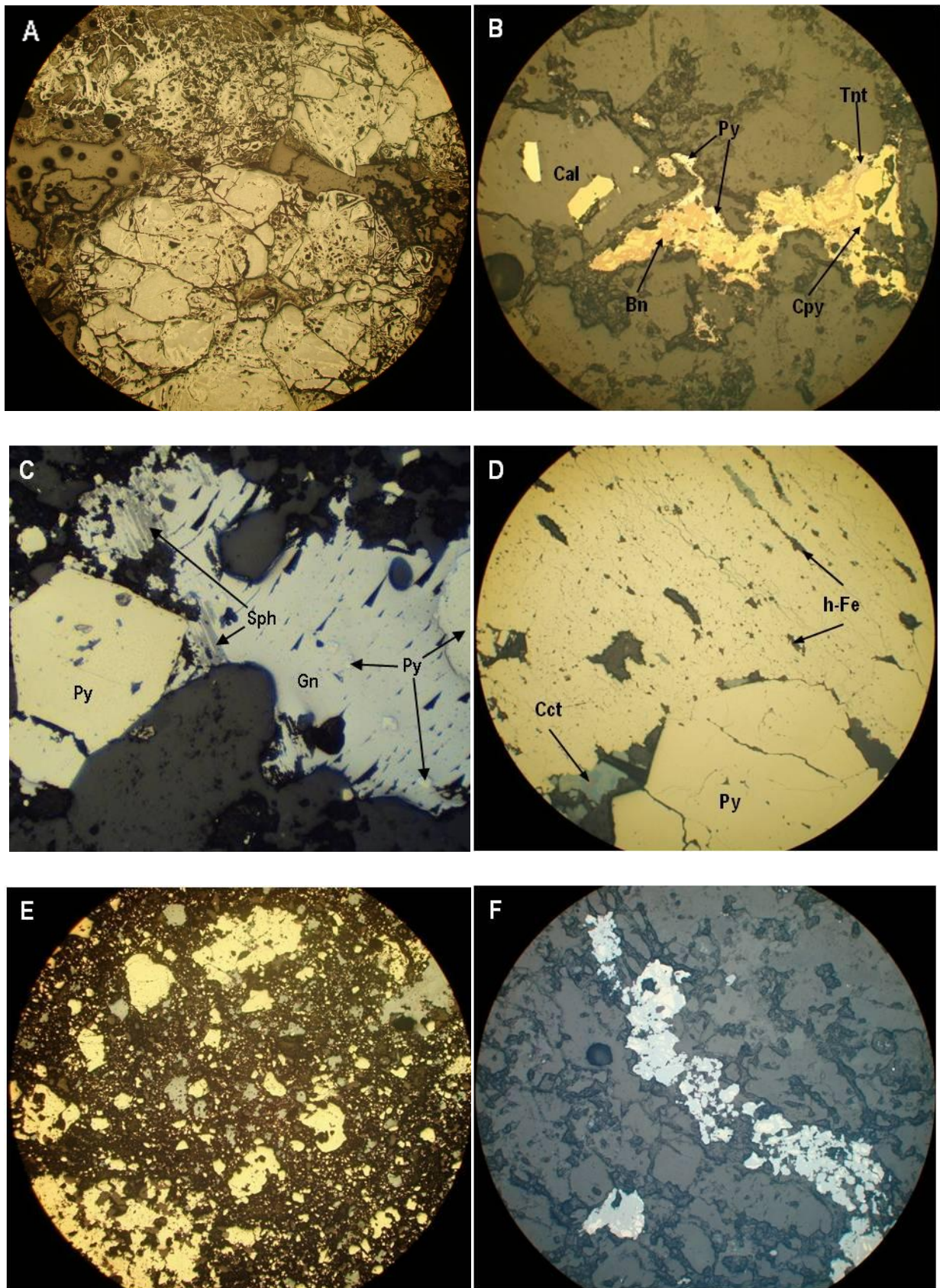
E - Mineralização semi-maciça brechificada, constituída por pirite (fase amarela), “calcocite” (fase cinzento-azulado) e (hidr)óxidos de Fe (fase não colocada em evidência mercê da reduzida ampliação), envolvida por matriz de natureza arcósica. M-102-5, ampliação de 5x, LRSP.

F - Agregado irregular de “calcocite” (fase azulada), depois de pirite (fase amarelada) colmatando fractura discreta em matriz arcósica. M-103-2, ampliação de 5x, LRSP.

LRSP – Luz reflectida simplesmente polarizada

LRDP – Luz reflectida duplamente polarizada

ESTAMPA 3



LEGENDA ESTAMPA 4

A - Minério pirítico (fase amarela) com evidência de cataclase prévia, substituído por “calcocite” (fase azulada) e, posteriormente, por (hidr)óxidos de Fe (fases cinzenta e acastanhada) através de um sistema de fracturas intra e intergranulares. M-102-21, ampliação de 5x, LRSP.

B - Mineralização semi-maciça, constituída por pseudomorfoses completas de óxidos e hidróxidos de Fe, cortada por fracturas seladas por carbonatos calcíticos grosseiros. Note-se o carácter corroído dos óxidos e hidróxidos, aparentemente provocado pela circulação do fluido aquo-carbónico responsável pela precipitação dos carbonatos. M-105-15A, ampliação de 20x, LTSP:

C - Pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe, evidenciando textura em ilha, e Cu nativo disseminado (preferencialmente associado aos domínios dolomíticos – agregados aureolares radiados). M-102-9, ampliação de 5x, LRSP.

D - Domínio de mineralização controlada por fractura, apresentando “calcocite” (fase cinzento-azulado), com remanescências de pirite (fase amarelada), rodeada e substituída por óxidos e hidróxidos de Fe (fase cinzenta). Note-se a presença de grãos (sub)micrométricos de calcopirite (fase amarelo forte) disseminados na matriz carbonatada. M-105-6, ampliação de 10x, LRSP.

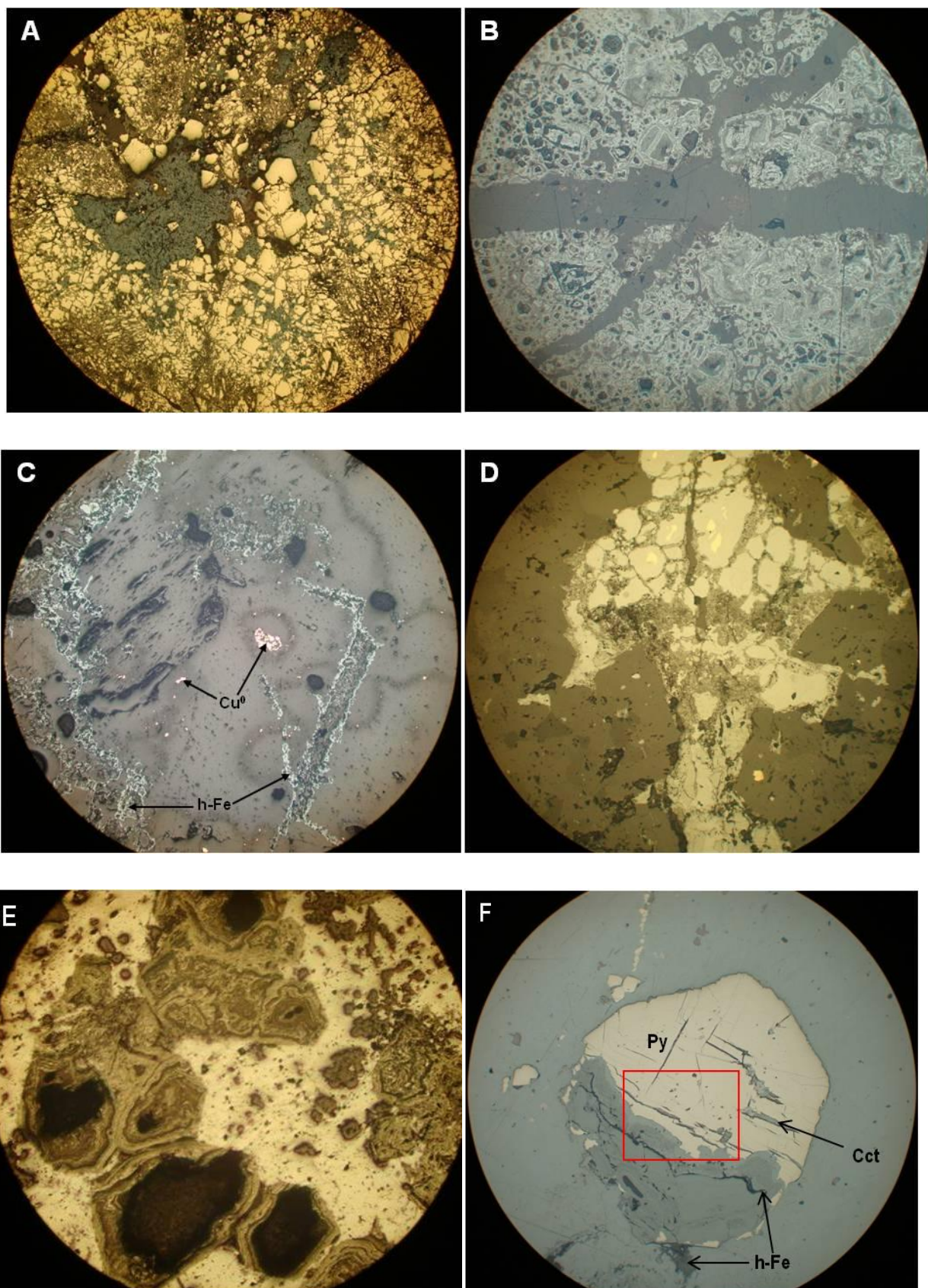
E - Pseudomorfoses de (hidr)óxidos de Fe (depois de pirite?) manifestando zonação evidente, com espaços intergranulares colmatados por calcocite (fase cinzento-claro); as massas anédricas de cor cinzento-escuro no seio de calcocite correspondem a quartzo. M-73B-4, ampliação de 5x, LRSP.

F - Grão grosseiro de pirite (Py) substituído por calcocite (Cct) e uma fase sulfureta de Cu-Co (apenas visível em na Fig. 6.23), e posteriormente por (hidr)óxidos de Fe, através de uma fina rede de fracturas intragranulares; a caixa vermelha marca a localização da Fig. 6.23. M-105-10, ampliação de 20x, LRSP.

LRSP – Luz reflectida simplesmente polarizada

LRDP – Luz reflectida duplamente polarizada

ESTAMPA 4



LEGENDA ESTAMPA 5

A – Domínio de mineralização evidenciando a presença de calcopirite (Cpy) a selar fracturas em pirite (Py) e desenvolvendo interdigitações com bornite (Bn) e “calcocite” (Cct). M-102-12, ampliação de 20x, LRSP.

B – Pormenor de domínio de oxidação tardia da amostra M-102-12, consistindo em calcocite (fase cinzento-azulado), substituída por (hidr)óxidos de Fe (fase cinzenta) através de um fina rede de fracturas dendríticas, e Cu nativo (fase laranja). M-102-12, ampliação de 20x, LRSP.

C – Minério caracterizado por pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe. Realce para a presença de Cu nativo a preencher espaços vazios na zona central e nas paredes das pseudomorfoses e de carbonatos calcíticos grosseiros a selar fractura que corta a mineralização. M-102-16, ampliação de 20x, LRSP.

D – Pormenor de minério fortemente oxidado cuja associação mineral principal compreende Cu nativo e calcocite (geralmente intercrescida com o Cu nativo), surgindo como acessório cuprite (no seio do Cu nativo, juntamente com a calcocite). M-102-17, ampliação de 50x, LRDP.

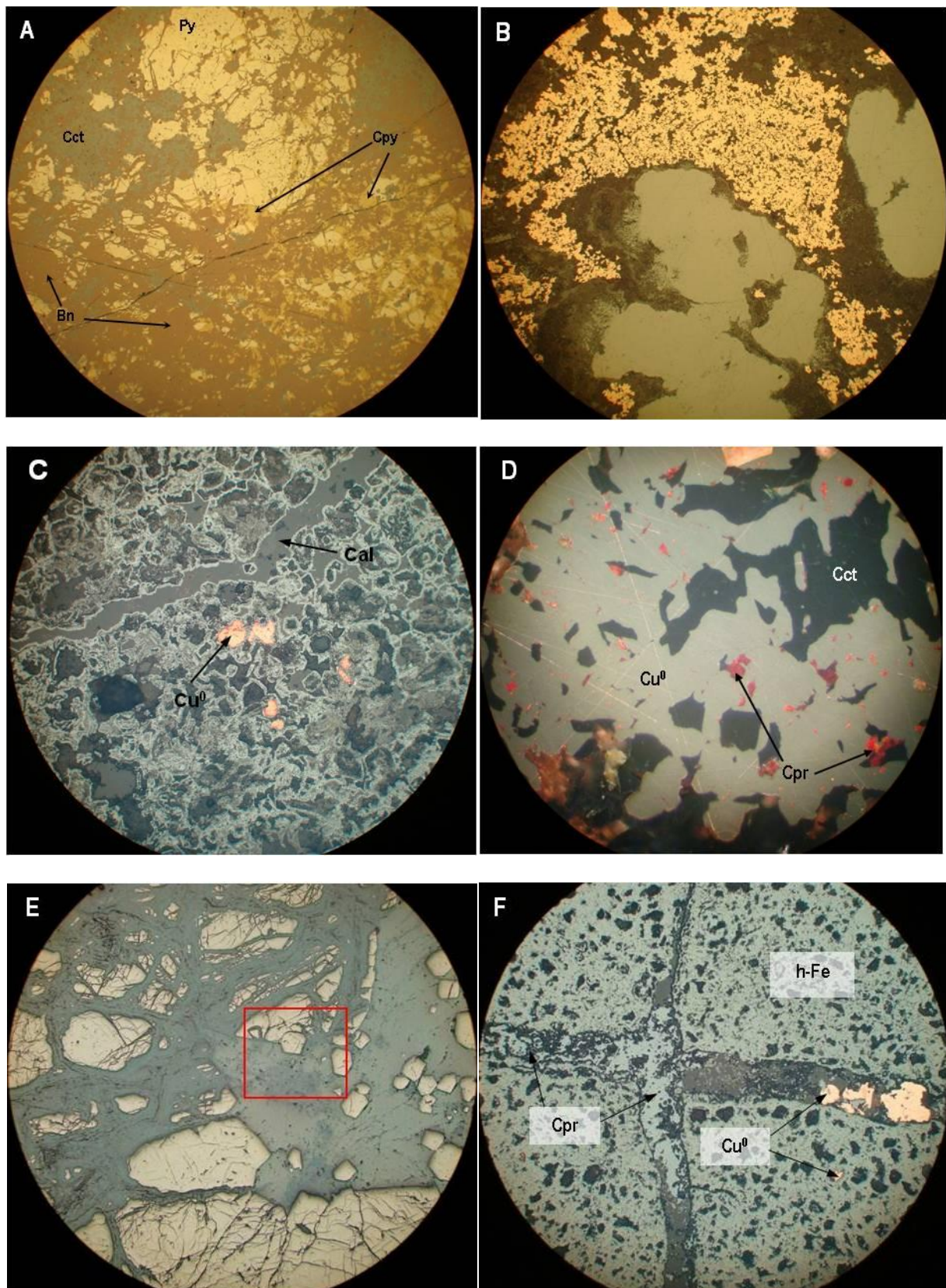
E - Minério maciço evidenciando substituição de pirite por calcocite (fase azul), depois de tenantite (fase cinzento-azulado) e, posteriormente, por (hidr)óxidos de Fe, através de uma rede densa de (micro-)fracturas intra e intergranulares; caixa vermelha assinala a localização da Fig. 6.10. M-105-12, ampliação de 5x, LRSP.

F - Cuprite (Cpr) e Cu nativo (Cu^0) a selar fractura e outros vazios em minério brechificado constituído por (hidr)óxidos de Fe. M-102-18, ampliação de 20x, LRSP.

LRSP – Luz reflectida simplesmente polarizada

LRDP – Luz reflectida duplamente polarizada

ESTAMPA 5



**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

6 - QUÍMICA MINERAL

O presente capítulo apresenta os resultados analíticos obtidos com microsonda electrónica em 14 lâminas delgadas polidas representativas do conjunto das amostras examinadas (sondagens M-73B, M-77A, M-102, M-103 e M-105). Estes resultados permitem caracterizar quimicamente as fases minerais principais e acessórias constituintes da mineralização hospedada em rochas do Subgrupo Xisto-Gresoso e da Formação C5b (Subgrupo Xisto-Calcário), revelando ainda que estas incluem sulfuretos de Cu-Co, diversas fases de Pb-As-S, Cu-Pb-As-S, Cu-As-Bi-S e Cu-Bi-S, e ainda arsenatos, cuja identificação não havia sido possível aquando da caracterização petrográfica.

6.1 - Fases minerais principais

6.1.1 - Pirite

A pirite apresenta composição química próxima da fórmula ideal FeS_2 ; todavia, a análise estatística do conjunto total de análises realizadas (Tabela 6.1.1) revela conteúdos máximos significativos em Cu, Co, Pb, Zn, As e Au, ainda que os valores medianos das respectivas distribuições de concentração se encontrem abaixo da décima percentual, com excepção do Cu.

O Cu apresenta valor medianos distintos entre as lenticulas mineralizadas hospedadas na Formação C5b (B, C1 e C2) e a Lenticula I, do Subgrupo Xisto-Gresoso; com efeito, registam-se valores medianos entre 0.450 e 0.758 wt % no primeiro caso, e inferior à centésima no segundo. O valor mediano para o total das análises realizadas é de 0.107 wt%. O valor máximo observado é de 4.148 wt%. Conteúdos desta ordem de grandeza são obtidos em análises pontuais de pirites de todas as formações/lenticulas mineralizadas estudadas, reflectindo essencialmente a influência exercida por fases cupríferas adjacentes aquando da incidência do feixe de electrões (com diâmetro 5 μm), sejam estas:

1. Calcocite, a selar microfracturas em grãos grosseiros ou a envolver relíquias nas amostras da Formação C5b (Fig. 6.1);
2. Bornite/calcopirite/tenantite, envolvendo pequenos grãos/reliíquias de pirite em agregados irregulares disseminados nas amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso (Fig. 6.2). Note-se que valores medianos na ordem das centésimas de unidade em análises de pirite inclusa na Formação C5b contrastam com valores medianos inferiores à centésima de unidade em pirites constituintes de exemplares mineralizados da Subgrupo Xisto-Gresoso.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.1.1 – Amplitude de variação e valores medianos (wt%) das distribuições de concentração multi-elementar para pirite.

Total análises			
N=140			
	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.381	0.001
As	0.000	3.482	0.032
Mn	0.000	0.361	0.000
Fe	41.274	47.344	46.631
S	50.236	54.590	52.841
Ge	0.000	0.028	0.000
Sn	0.000	0.078	0.005
Cu	0.000	4.148	0.107
In	0.000	0.083	0.000
Se	0.000	0.059	0.000
Ag	0.000	0.089	0.000
Co	0.040	3.688	0.079
Ni	0.000	0.128	0.000
Pb	0.000	1.245	0.023
Bi	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	2.200	0.006
Cd	0.000	0.052	0.000
Au	0.000	0.803	0.094

O Co apresenta valores significativos apenas em análises de pirite referentes a amostras da Lenticula C1 (LDP M-73B-4 e M-105-10) e da Lenticula I (LDP M-102-1A), revelando conteúdos: (1) entre 0.519 e 0.828 wt% e entre 2.567 e 3.688 wt% em relíquias de pirite no seio de calcocite das amostras M-73B-4 e M-105-10, respectivamente; (2) de 1.430 wt% no bordo de um grão grosseiro evidenciando substituição por calcocite (M-105-10); e 3) de 1.203 e 0.806 wt% em grãos grosseiros. Apesar destes valores pontualmente elevados, a mediana da distribuição de conteúdos em Co nas pirites constituintes das lenticulas C1 e I cifra-se em apenas 0.085 e 0.076 wt%, respectivamente.

Os valores máximos analisados de 1.245 e 2.200 wt% para o Pb e o Zn (obtidos na LDP M-102-1A, representante da Lenticula I) traduzem o efeito de matriz associado ao facto de aquelas análises terem sido efectuadas em micro-grãos de pirite envoltos em galena ou esfalerite, carecendo, por isso, de qualquer significado, tal como indicado pelos valores medianos muito próximos de zero.

O valor máximo obtido para o As é de 3.482 wt%. Conteúdos relativamente elevados em As são obtidos em análises de todas as formações e lenticulas mineralizadas, surgindo preferencialmente:

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

1. Em relíquias/inclusões de pirite no seio de calcocite (LDP M-73B-4, M-73B-7a e M-105-10),
tenantite (LDP M-105-12), galena e esfalerite (LDP M-102-1A);
2. No bordo de grãos grosseiros de pirite (LDP M-102-1A), por vezes apresentando zonação
composicional (Fig. 6.3);
3. Em grãos framboidais de pirite (LDP M-73B-7a e M-102-1A).

O Au apresenta conteúdos que atingem um máximo de 0.803 wt% em exemplares de pirite constituintes de exemplares mineralizados da Subgrupo Xisto-Gresoso. Valores de concentração de ordem centesimal são obtidos em análises de pirites em todas as formações e lenticulas mineralizadas, mas a sua distribuição é errática. Este carácter reflecte-se no valor mediano da distribuição de concentração (fortemente assimétrica) obtido para a totalidade das análises, o qual se cifra em 0.094 wt%.

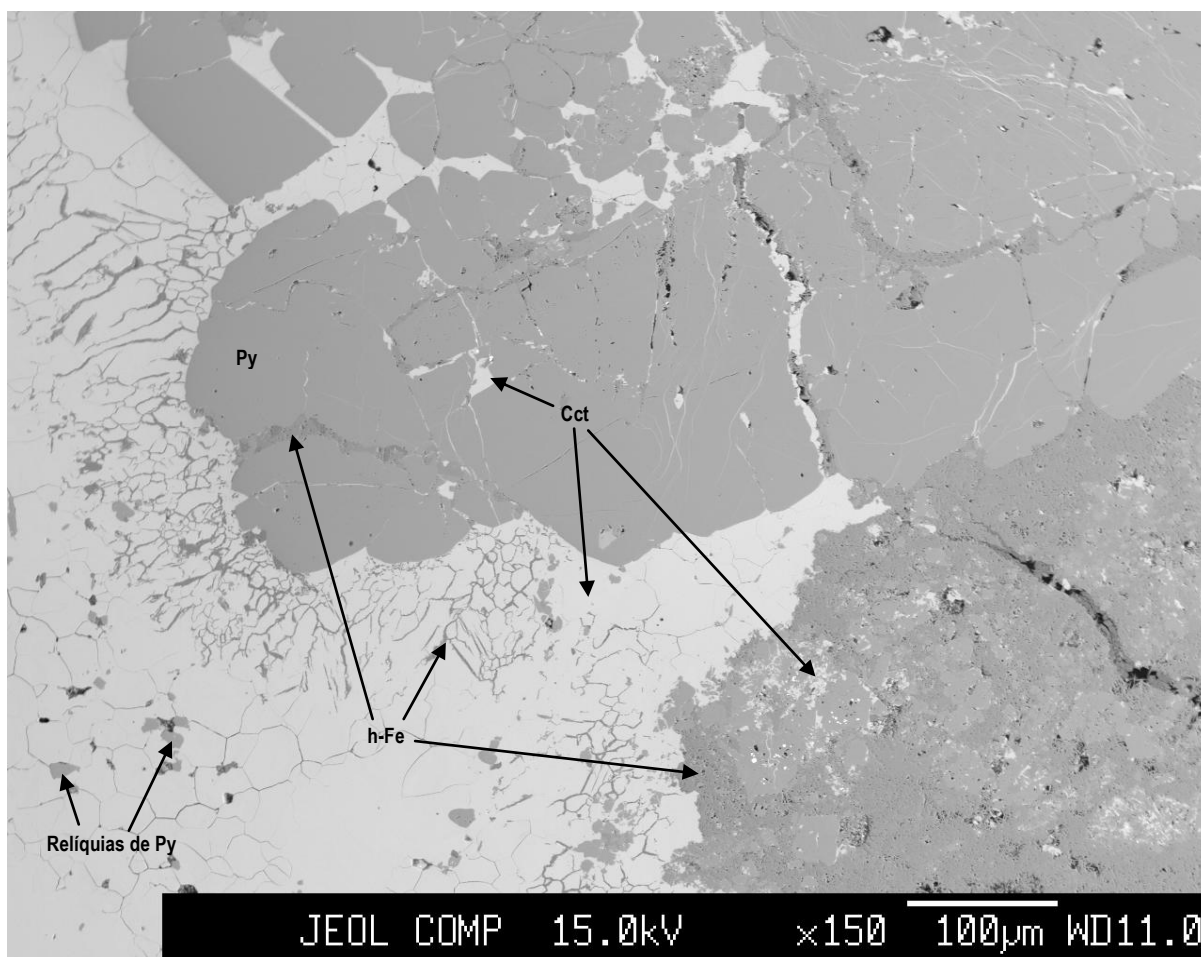


Fig. 6.1: Imagem de electrões retrodifundidos obtida com microsonda electrónica colocando em evidência o carácter penetrativo e anastomosado, embora geometricamente distinto, das redes de fratura que se desenvolvem no seio da pirite (Py) grosseira (mecanicamente competente) e nos agregados de calcocite (Cct) adjacentes (localmente contendo inclusões diminutas de pirite (LDP M-73B-7a); h-Fe – (hidr)óxidos de Fe.

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

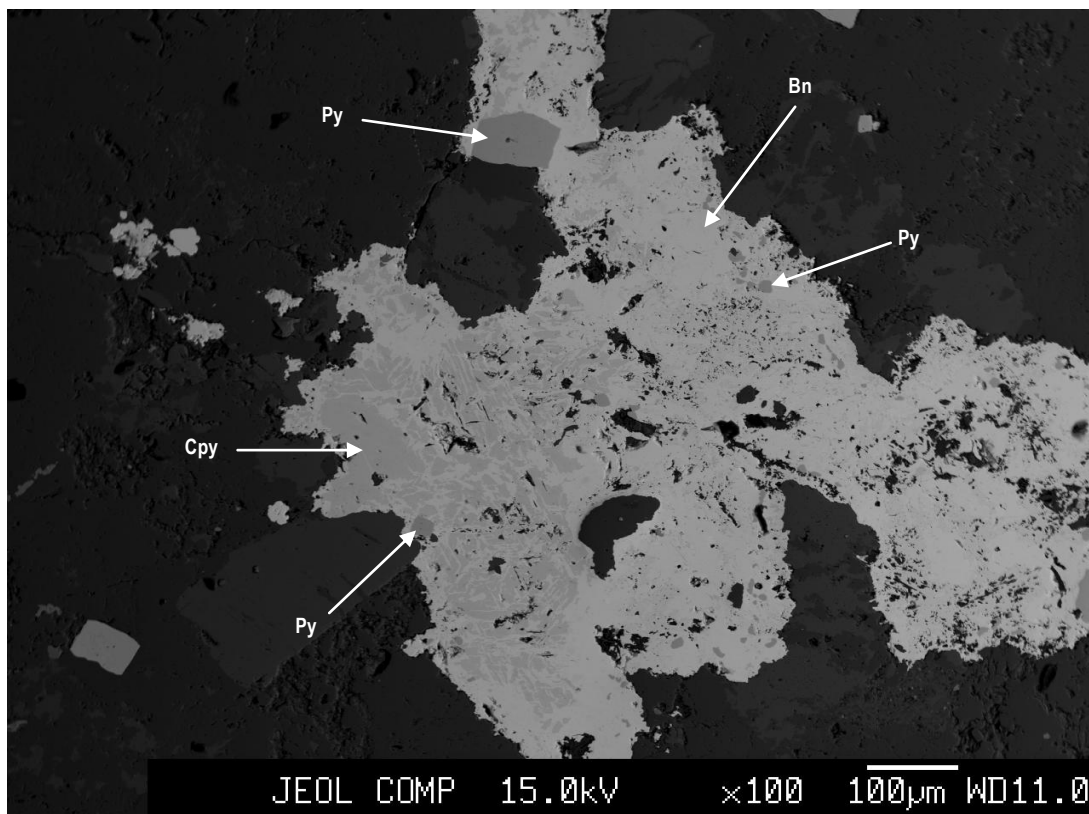


Fig. 6.2: Imagem de electrões retrodifundidos obtida com microsonda electrónica ilustrando a composição mineralógica comum dos agregados irregulares de sulfuretos disseminados em amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso (LDP M-105-4); Py – pirite, Bn – bornite, Cpy – calcopirite.

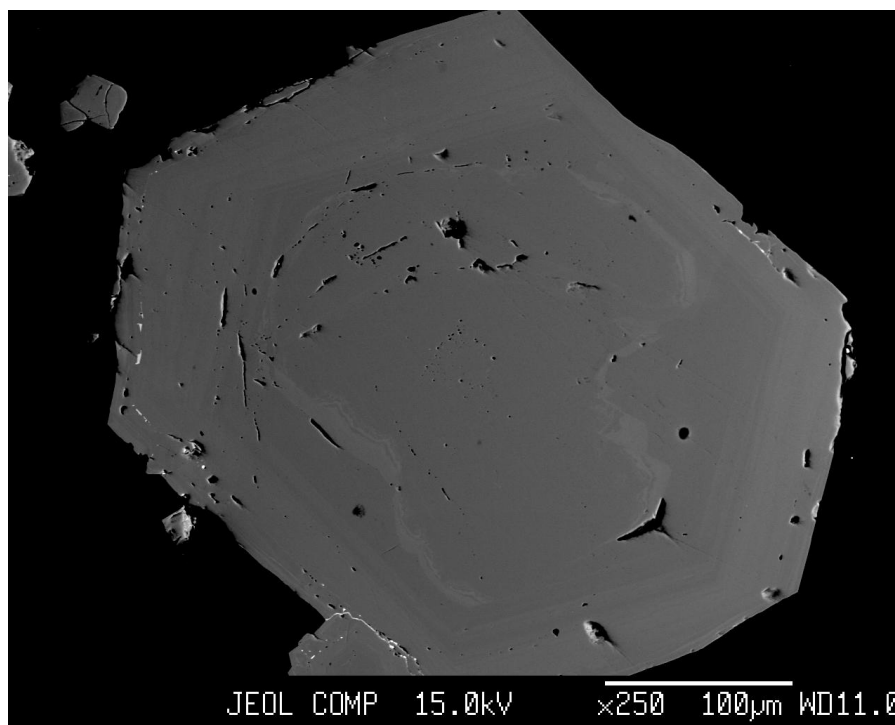


Fig. 6.3: Imagem de electrões retrodifundidos obtida com microsonda electrónica de grão grosseiro idiomórfico de pirite com zonação composicional incipiente (LDP M-102-1A).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.1.2: Análises representativas de pirite (valores em wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lentícula mineralizada B - Formação C5b).

Lentícula B						
Lâmina	M-73B-7a	M-73B-7a	M-73B-7a			
Referência	b1	b2	b4	N=34		
Análise	4	1	2			
Local da análise	grão grosseiro, fracturado	grão grosseiro, fracturado	grãos framboidais em fractura	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.002
As	0.000	0.000	0.242	0.000	1.682	0.048
Mn	0.026	0.000	0.000	0.000	0.361	0.003
Fe	46.674	46.677	46.640	41.274	47.110	46.541
S	53.312	53.987	52.630	51.358	54.590	53.216
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.006
Cu	0.048	0.071	0.623	0.001	4.148	0.497
In	0.036	0.017	0.047	0.000	0.047	0.001
Se	0.000	0.008	0.000	0.000	0.054	0.000
Ag	0.000	0.089	0.000	0.000	0.089	0.000
Co	0.112	0.090	0.060	0.040	0.418	0.086
Ni	0.000	0.051	0.000	0.000	0.128	0.000
Pb	0.035	0.000	0.031	0.000	0.543	0.016
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.026	0.003	0.063	0.000	0.088	0.000
Cd	0.004	0.000	0.018	0.000	0.052	0.000
Au	0.671	0.000	0.039	0.000	0.717	0.096
total	100.944	100.993	100.393			
Sb	0.000	0.000	0.000			
As	0.000	0.000	0.004			
Mn	0.001	0.000	0.000			
Fe	1.005	0.993	1.016			
S	2.000	2.000	1.996			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.000	0.000	0.000			
Cu	0.001	0.001	0.012			
In	0.000	0.000	0.000			
Se	0.000	0.000	0.000			
Ag	0.000	0.001	0.000			
Co	0.002	0.002	0.001			
Ni	0.000	0.001	0.000			
Pb	0.000	0.000	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.000	0.000	0.001			
Cd	0.000	0.000	0.000			
Au	0.004	0.000	0.000			
total cat	1.014	0.998	1.031			
total S	2.000	2.000	2.000			

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.1.3: Análises representativas de pirite (valores em wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lentícula mineralizada C1 - Formação C5b).

Lentícula C1						
Lâmina	M-73B-4	M-102-12	M-105-10			
Referência	b1	b2	b2	N=22		
Análise	3	4	1			
Local da análise	reliquia no seio de cct	zona de substituição com bn e cct	grão grosseiro (centro) no seio de massa de cct	Minimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.021	0.006	0.000	0.042	0.001
As	0.040	0.205	0.049	0.000	2.731	0.036
Mn	0.000	0.021	0.000	0.000	0.039	0.000
Fe	46.406	46.420	46.728	42.474	47.167	46.413
S	53.008	52.817	52.725	50.922	53.764	52.545
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.014	0.009	0.078	0.000	0.078	0.013
Cu	0.701	0.726	0.081	0.081	1.767	0.758
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.000
Se	0.017	0.040	0.033	0.000	0.040	0.000
Ag	0.018	0.000	0.000	0.000	0.047	0.000
Co	0.086	0.060	0.057	0.047	3.688	0.085
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.079	0.000
Pb	0.000	0.041	0.078	0.000	0.110	0.039
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.003	0.000	0.000	0.070	0.017
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.000
Au	0.000	0.495	0.000	0.000	0.610	0.088
total	100.290	100.858	99.835			
Sb	0.000	0.000	0.000			
As	0.001	0.003	0.001			
Mn	0.000	0.000	0.000			
Fe	1.005	1.007	1.017			
S	1.999	1.996	1.999			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.000	0.000	0.001			
Cu	0.013	0.014	0.002			
In	0.000	0.000	0.000			
Se	0.000	0.001	0.001			
Ag	0.000	0.000	0.000			
Co	0.002	0.001	0.001			
Ni	0.000	0.000	0.000			
Pb	0.000	0.000	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.000	0.000	0.000			
Cd	0.000	0.000	0.000			
Au	0.000	0.003	0.000			
total cat	1.021	1.027	1.022			
total S	2.000	2.000	2.000			

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.1.4: Análises representativas de pirite (valores em wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lentícula mineralizada C2 – Formação C5b).

Lentícula C2						
Lâmina	M-102-14	M-105-12	M-105-12	N=17		
Referência	b1	b1	b1			
Análise	4	3	9			
Local da análise	grão grosseiro fracturado	grão grosseiro isolado na massa de tnt (centro)	massa fracturada	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.016	0.000	0.002	0.000	0.381	0.009
As	0.113	0.000	0.000	0.000	1.459	0.022
Mn	0.032	0.005	0.000	0.000	0.053	0.000
Fe	46.795	47.016	46.986	45.399	47.220	46.747
S	53.652	53.070	53.187	52.212	53.652	53.070
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.007	0.000	0.000	0.000	0.048	0.000
Cu	0.450	0.070	0.086	0.035	2.870	0.450
In	0.049	0.000	0.000	0.000	0.061	0.000
Se	0.000	0.019	0.000	0.000	0.027	0.000
Ag	0.000	0.003	0.000	0.000	0.028	0.000
Co	0.079	0.089	0.076	0.044	0.178	0.075
Ni	0.026	0.000	0.037	0.000	0.046	0.001
Pb	0.000	0.000	0.053	0.000	0.112	0.021
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.024	0.040	0.000	0.075	0.018
Cd	0.000	0.000	0.020	0.000	0.020	0.000
Au	0.160	0.000	0.045	0.000	0.642	0.045
total	101.379	100.296	100.532			
Sb	0.000	0.000	0.000			
As	0.002	0.000	0.000			
Mn	0.001	0.000	0.000			
Fe	1.001	1.017	1.014			
S	1.998	2.000	2.000			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.000	0.000	0.000			
Cu	0.008	0.001	0.002			
In	0.001	0.000	0.000			
Se	0.000	0.000	0.000			
Ag	0.000	0.000	0.000			
Co	0.002	0.002	0.002			
Ni	0.001	0.000	0.001			
Pb	0.000	0.000	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.000	0.000	0.001			
Cd	0.000	0.000	0.000			
Au	0.001	0.000	0.000			
total cat	1.013	1.021	1.020			
total S	2.000	2.000	2.000			

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.1.5: Análises representativas de pirite (valores em wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lentícula I - Subgrupo Xisto-Gresoso)

Lentícula I						
Lâmina	M-102-1A	M-102-1A	M-105-4	N=71		
Referência	b1	b4	b6			
Análise	2	10	8			
Local da análise	Inclusão/reli quia em PbS	grão grosseiro	grão ao longo de fractura discreta	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.010	0.040	0.000	0.000	0.057	0.000
As	0.286	0.000	0.000	0.000	3.482	0.025
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.000
Fe	46.398	46.960	46.838	45.301	47.344	46.693
S	53.204	52.457	52.972	50.236	54.021	52.812
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000
Sn	0.012	0.008	0.019	0.000	0.061	0.000
Cu	0.025	0.041	0.000	0.000	2.280	0.047
In	0.000	0.001	0.083	0.000	0.083	0.000
Se	0.016	0.000	0.002	0.000	0.059	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.000
Co	0.090	0.074	0.064	0.040	1.203	0.076
Ni	0.006	0.000	0.014	0.000	0.098	0.000
Pb	0.000	0.024	0.045	0.000	1.245	0.024
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.073	0.000	0.000	2.200	0.002
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000
Au	0.000	0.256	0.000	0.000	0.803	0.113
total	100.047	99.934	100.037			
Sb	0.000	0.000	0.000			
As	0.005	0.000	0.000			
Mn	0.000	0.000	0.000			
Fe	0.999	1.028	1.015			
S	1.995	2.000	2.000			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.000	0.000	0.000			
Cu	0.000	0.001	0.000			
In	0.000	0.000	0.001			
Se	0.000	0.000	0.000			
Ag	0.000	0.000	0.000			
Co	0.002	0.002	0.001			
Ni	0.000	0.000	0.000			
Pb	0.000	0.000	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.000	0.001	0.000			
Cd	0.000	0.000	0.000			
Au	0.000	0.002	0.000			
total cat	1.002	1.033	1.018			
total S	2.000	2.000	2.000			

6.1.2 - Bornite

As análises pontuais de bornite foram realizadas em amostras das Lenticula C1 (Formação C5b - LDP M-102-12 e M-105-10) e I (Subgrupo Xisto-Gresoso - LDP M-105-4).

Na Lenticula C1, a bornite: 1) desenvolve intercrescimentos/interdigitações pronunciadas com calcocite e/ou calcopirite, substituindo pirite ao longo de (micro)fracturas (LDP M-102-12 – Fig. 6.4) ou 2) é substituída por calcocite, depois de calcopirite (LDP M-105-10 – Fig. 6.5). Na Lenticula I, este sulfureto integra agregados poliminerálicos irregulares disseminados, formando com calcopirite e/ou tenantite intercrescimentos/interdigitações (Fig. 6.2).

Relativamente aos resultados analíticos obtidos, verificam-se alguns desvios relativamente à fórmula Cu_5FeS_4 (Fig. 6.6). Estes desvios reflectem: 1) ligeiros incrementos em Cu, menos frequentes e essencialmente limitados às análises de bornite em amostras da Lenticula C1, muito possivelmente devido aos intercrescimentos/interdigitações com, ou substituição por, calcocite; e 2) incrementos em Fe, mais frequentes em análises de bornites observadas na Lenticula I. Tais desvios, porém, enquadram-se perfeitamente na amplitude de variação composicional indicada por Ramdohr (1968), balizada pelos termos Cu_3FeS_3 e Cu_9FeS_6 , por adição de CuFeS_2 e Cu_2S , respectivamente.

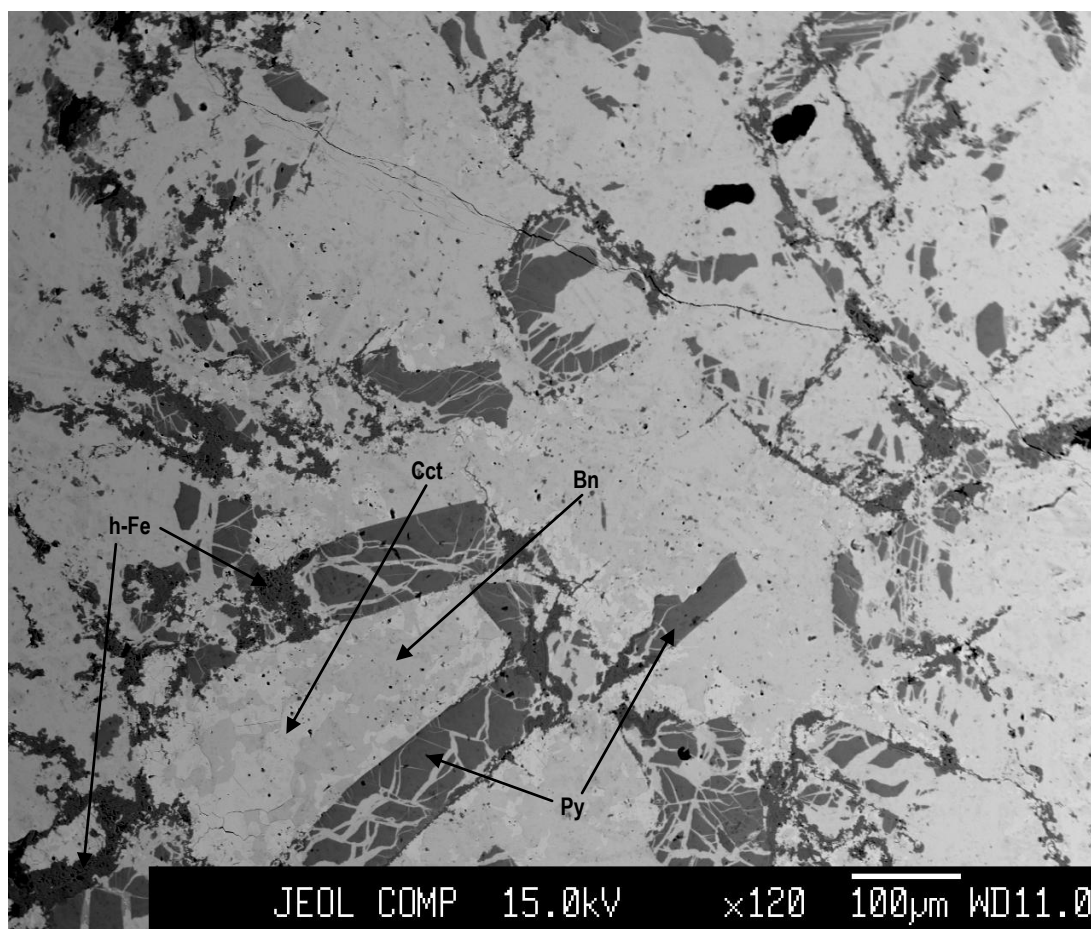


Fig. 6.4: Imagem de electrões retrodifundidos obtida com microsonda electrónica documentando a substituição de bornite por calcocite (Cct) depois de pirite (Py) na Lenticula C1 (M-102-12).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

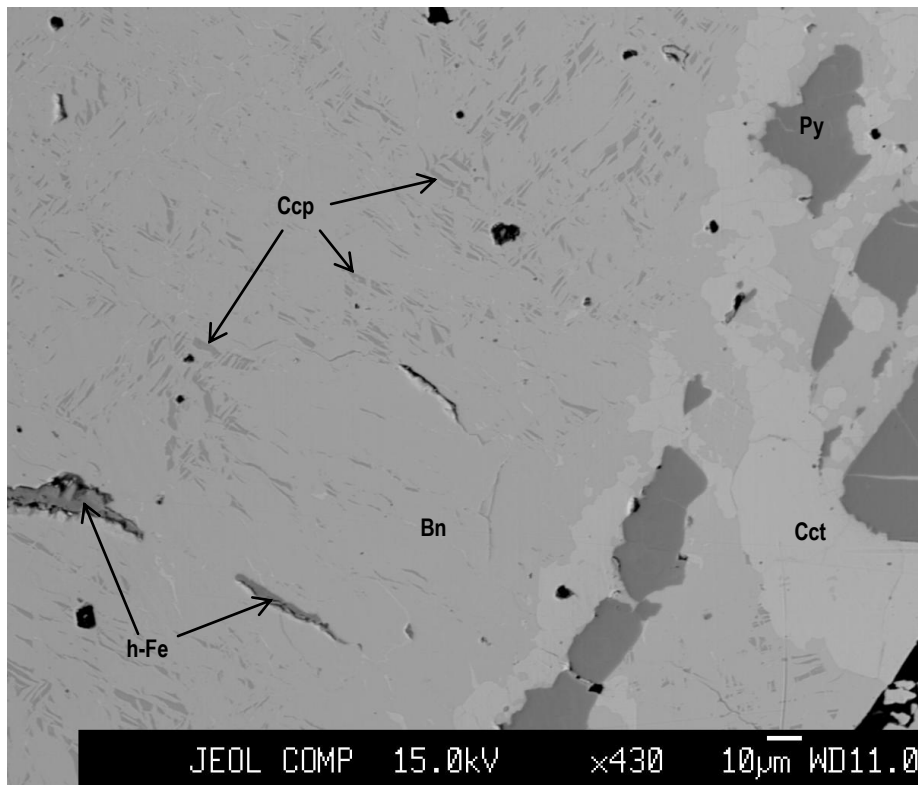


Fig. 6.5: Imagem de electrões retrodifundidos ilustrando a substituição de calcopirite (Ccp) por bornite (Bn), seguida de substituição por calcocite (Cct), mantendo-se escassas relíquias de pirite; LDP M-105-10 (Lentícula C1).

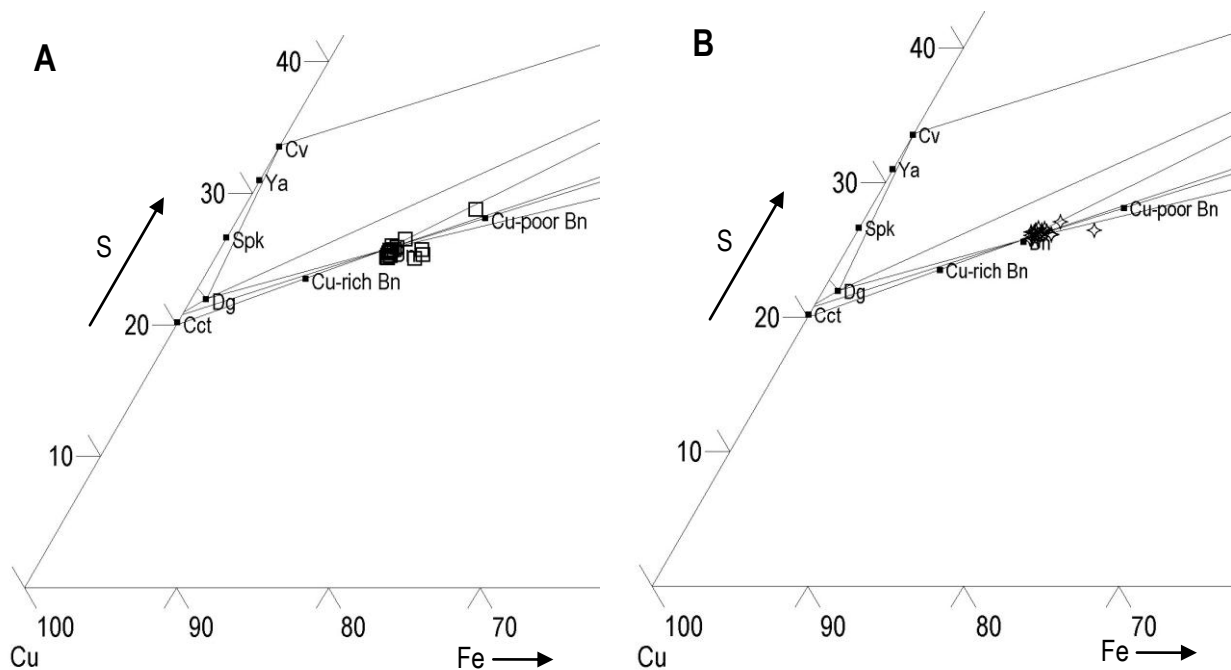


Fig. 6.6: Projecção das análises de bornite obtidas em amostras das Lentículas C1 (A) e I (B) no diagrama ternário Cu-Fe-S, bem como as composições ideais de alguns sulfuretos de Cu e Cu/Fe.

Legenda: Cu-poor Bn – Cu_3FeS_3 ; Bn – Cu_5FeS_4 ; Cu-rich Bn – Cu_9FeS_6 ; Cct – Cu_2S ; Dg – Cu_9S_5 ; Spk – $\text{Cu}_{39}\text{S}_{28}$; Cu_9S_8 ; Cv – CuS .

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

A análise estatística sumária dos resultados analíticos disponíveis (Tabela 6.2.1 a 6.2.3) indica forte homogeneidade composicional para as bornites presentes nas Lentículas C1 e I, revelando ainda significativa escassez de elementos menores e traço. Não obstante este facto, o As apresenta valores elevados em alguns grãos de bornite da Lentícula I, atingindo 0.758 wt%; estes casos extremos, porém, resultam da contaminação das análises devido à presença de tenantite no seio de bornite (note-se que o valor mediano da distribuição de concentração em As na bornite vale 0.000 wt%). O conteúdo máximo em Au para a totalidade das análises de bornite cifra-se em 0.685 wt% e contrasta com a mediana de 0.100 wt%; as quantidades de Au obtidas manifestam distribuição claramente errática, oscilando entre a ordem das centésimas de unidade e valores próximos de ou mesmo iguais a zero wt%.

Tabela 6.2.1: Amplitude de variação e valores medianos (wt%) das distribuições de concentração multi-elementar para bornite.

Total análises			
N=40			
	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.045	0.000
As	0.000	0.758	0.000
Mn	0.000	0.040	0.005
Fe	11.016	15.474	11.504
S	24.271	27.823	25.775
Ge	0.000	0.055	0.000
Sn	0.000	0.102	0.000
Cu	54.082	63.549	62.176
In	0.000	0.058	0.000
Se	0.000	0.079	0.001
Ag	0.000	0.091	0.012
Co	0.000	0.056	0.019
Ni	0.000	0.047	0.000
Pb	0.000	0.146	0.014
Bi	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.180	0.054
Cd	0.000	0.055	0.000
Au	0.000	0.685	0.100

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.2.2: Análises representativas de bornite (valores em wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lentícula C1 – Formação C5b)

Lâmina	Lentícula C1					
	M-102-12	M-102-12	M-102-12			
	b2_born	b2_born	b2_born	N=18		
	3	10	11			
Referência						
Análise						
Local da análise	Fase arroxeada	intercrescida	com cpy e cct	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.035	0.000	0.000	0.000	0.035	0.000
As	0.002	0.000	0.021	0.000	0.021	0.000
Mn	0.023	0.016	0.000	0.000	0.040	0.011
Fe	11.303	11.156	11.488	11.016	14.842	11.366
S	25.490	25.405	25.589	24.271	27.823	25.421
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.000
Sn	0.011	0.000	0.000	0.000	0.102	0.007
Cu	62.971	62.474	62.537	54.082	63.549	62.506
In	0.000	0.000	0.013	0.000	0.058	0.000
Se	0.041	0.000	0.014	0.000	0.041	0.000
Ag	0.000	0.019	0.012	0.000	0.089	0.011
Co	0.028	0.036	0.009	0.000	0.036	0.015
Ni	0.000	0.000	0.038	0.000	0.038	0.000
Pb	0.026	0.000	0.000	0.000	0.102	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.063	0.073	0.055	0.000	0.180	0.060
Cd	0.000	0.012	0.000	0.000	0.040	0.000
Au	0.000	0.685	0.000	0.000	0.685	0.141
total	99.993	99.876	99.776			
Sb	0.001	0.000	0.000			
As	0.000	0.000	0.001			
Mn	0.002	0.001	0.000			
Fe	1.018	1.009	1.031			
S	3.998	4.000	3.999			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.000	0.000	0.000			
Cu	4.984	4.963	4.931			
In	0.000	0.000	0.001			
Se	0.003	0.000	0.001			
Ag	0.000	0.001	0.001			
Co	0.002	0.003	0.001			
Ni	0.000	0.000	0.003			
Pb	0.001	0.000	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.005	0.006	0.004			
Cd	0.000	0.001	0.000			
Au	0.000	0.018	0.000			
total cat	6.015	6.001	5.972			
total S	4.000	4.000	4.000			

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.2.3: Análises representativas de bornite (valores em wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lenticula I – Subgrupo Xisto-Gresoso)

Lâmina	Lenticula I					
	M-105-4	M-105-4	M-105-4			
	b3_born	b5_born	b5_born	N=22		
	2	3	7			
Local da análise	Grão anédrico disseminado poliminerálico			Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.758	0.000
Mn	0.039	0.000	0.032	0.000	0.039	0.000
Fe	11.428	11.965	11.955	11.212	15.474	11.770
S	25.806	25.778	25.672	25.672	26.794	26.093
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000
Sn	0.020	0.000	0.000	0.000	0.071	0.000
Cu	62.938	62.169	62.290	59.290	62.938	62.049
In	0.000	0.000	0.010	0.000	0.055	0.000
Se	0.003	0.020	0.000	0.000	0.079	0.003
Ag	0.011	0.025	0.022	0.000	0.091	0.015
Co	0.028	0.006	0.018	0.005	0.056	0.023
Ni	0.000	0.011	0.000	0.000	0.047	0.000
Pb	0.053	0.035	0.000	0.000	0.146	0.016
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.037	0.081	0.025	0.000	0.136	0.038
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.000
Au	0.304	0.000	0.454	0.000	0.527	0.093
total	100.667	100.090	100.478			
Sb	0.000	0.000	0.000			
As	0.000	0.000	0.000			
Mn	0.004	0.000	0.003			
Fe	1.017	1.066	1.070			
S	4.000	4.000	4.000			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.001	0.000	0.000			
Cu	4.923	4.868	4.897			
In	0.000	0.000	0.000			
Se	0.000	0.001	0.000			
Ag	0.001	0.001	0.001			
Co	0.002	0.001	0.002			
Ni	0.000	0.001	0.000			
Pb	0.001	0.001	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.003	0.006	0.002			
Cd	0.000	0.000	0.000			
Au	0.008	0.000	0.012			
total cat	5.959	5.945	5.986			
total S	4.000	4.000	4.000			

6.1.3 - Sulfuretos de Cu

As análises referentes a sulfuretos de Cu foram obtidas em exemplares das Lenticulas B (M-73B-7a), C1 (M-73B-4, M-102-12, M-105-9 e M-105-10) e C2 (M-73B-4, M-102-17, M-103-3 e M-105-12). Estes sulfuretos ocorrem em diversos contextos texturais:

- Substituindo fases minerais pré-existent através de redes de (micro)fracturas, sejam estas pirites [M-73B-4, M-73B-7a (Fig. 6.1), M-102-14 e M-105-12 (Figs. 6.7 a 6.9)], bornites [M-102-12 (Fig. 6.4) e M-105-10 (Fig. 6.5)] ou tenantites [M-105-12 (Fig. 6.10)];
- Desenvolvendo intercrescimentos com Cu nativo e/ou hidróxidos de Fe, nos domínios marcados por oxidação intensa [M-102-12 (Estampa 5B) e M-102-17 (Estampa 5D)];
- Constituindo os preenchimentos dos veios/filonetes/fissuras que cortam extensivamente a matriz metacarbonatada [M-103-3 e M-105-9 (Fig. 6.11)].

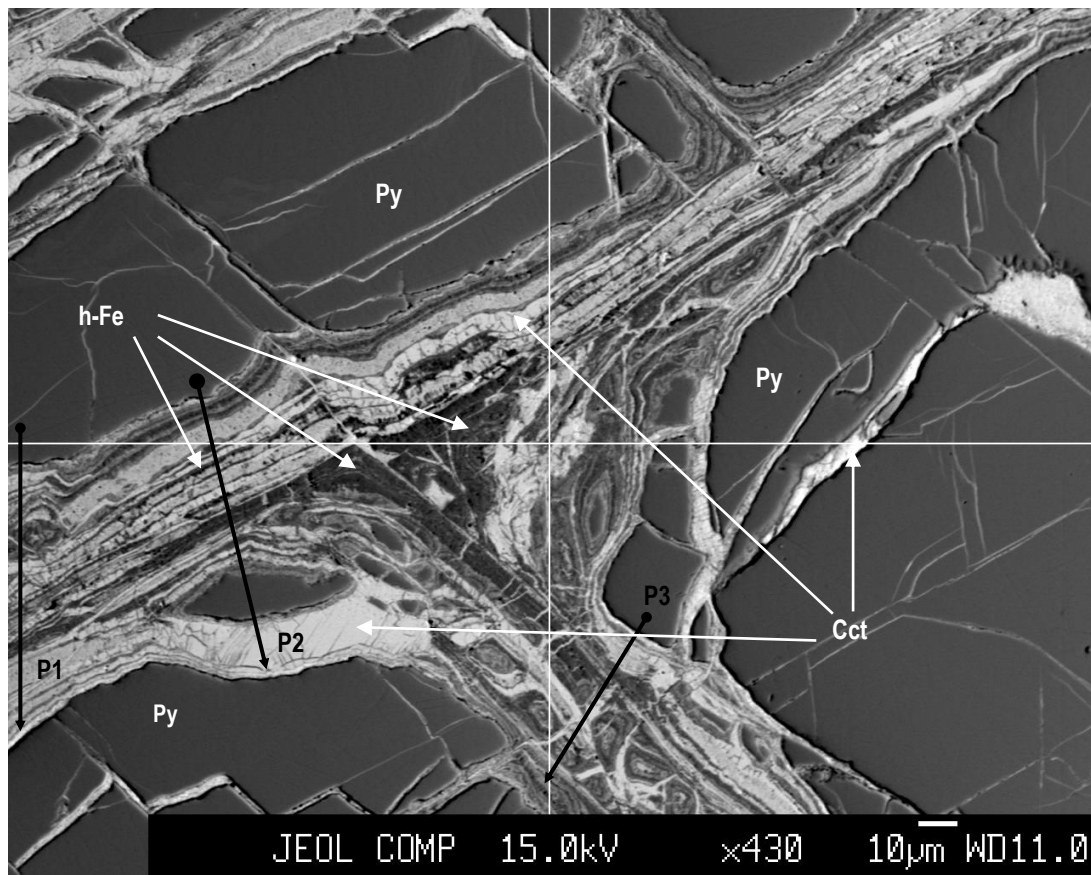
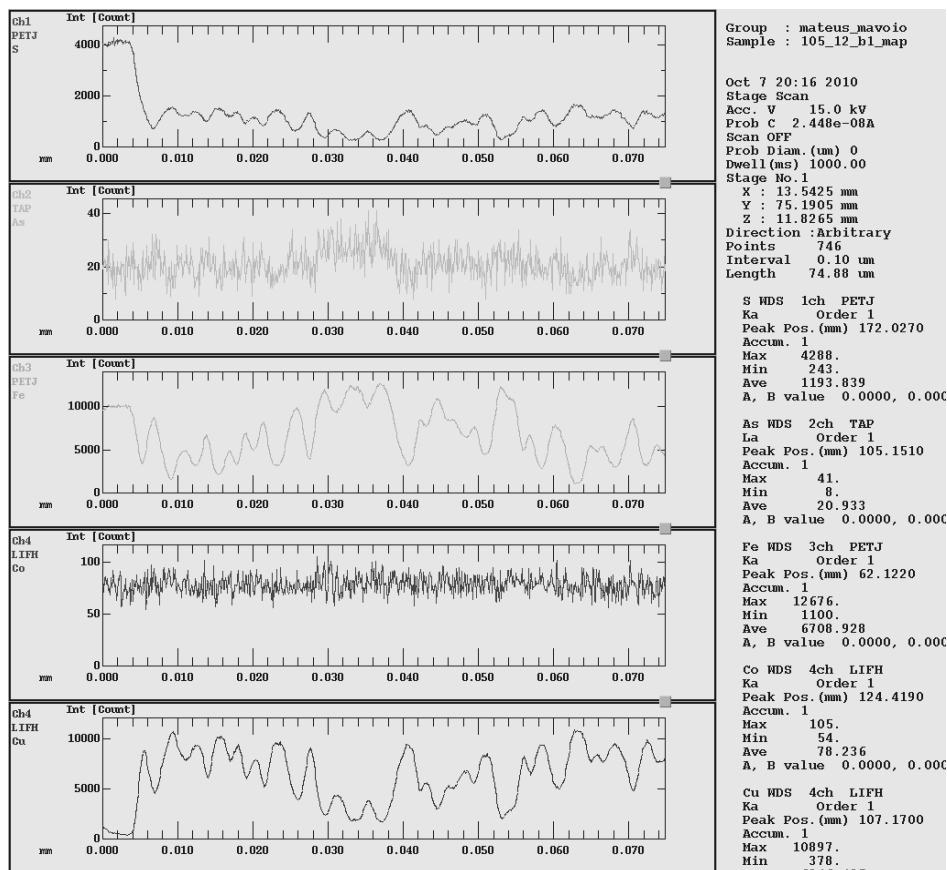


Fig. 6.7: Imagem de electrões retrodifundidos obtida com microssonda electrónica ilustrando o padrão auto-semelhante de fracturação e alteração (síncrona e subsequente) da pirite (Py), desenvolvem-se então precipitados rítmicos de calcocite (Cct) e (hidróxidos de Fe (h-Fe), localmente enriquecidos em As e Co, conforme atestam os perfis analíticos P1, P2 e P3 apresentados na Fig. 5.13 e os mapas composicionais patentes na Fig. 5.14 (LDP M-105-12).

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo (Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

P1



P2

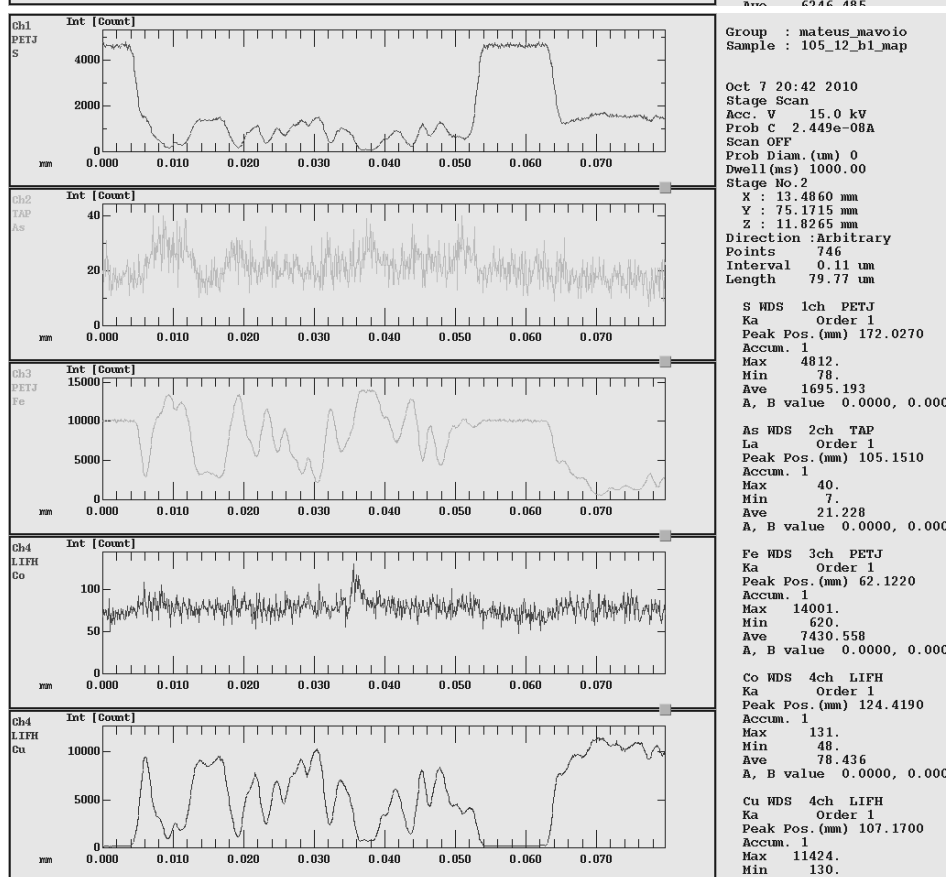
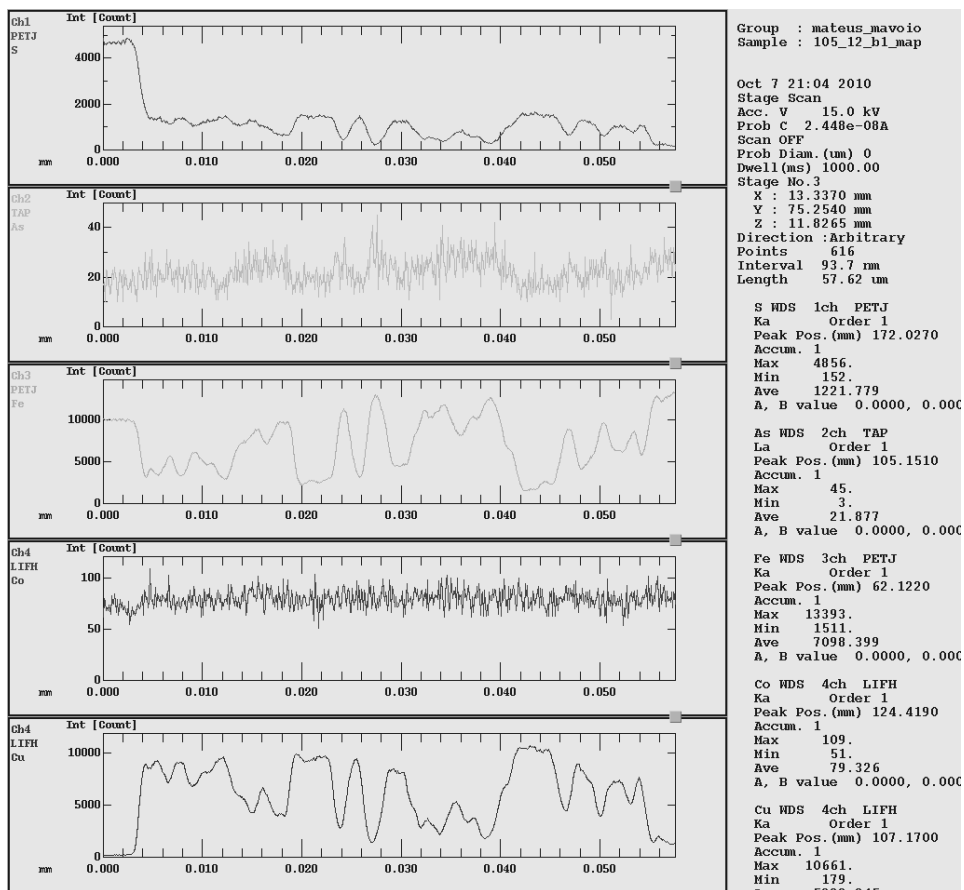


Fig. 6.8: Oscilações dos conteúdos em S, As, Fe, Cu e Co (nº contagens) ao longo dos perfis P1, P2 e P3 (página seguinte) indicados na Fig.6.7.

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo (Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

P3



**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

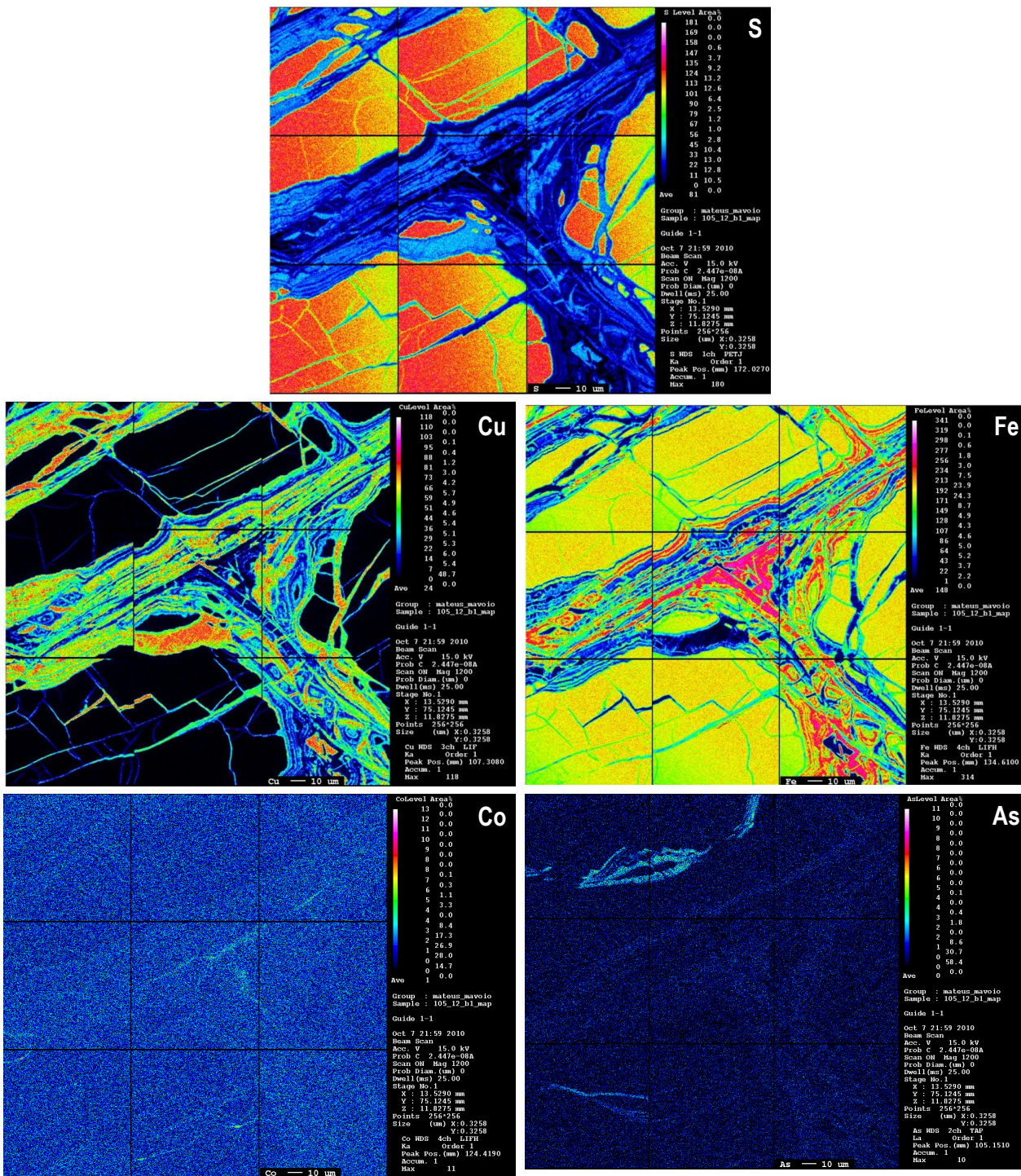


Fig. 6.9: Mapas composicionais para S, As, Fe, Cu e Co correspondente à área abrangida pela Fig.5.12.

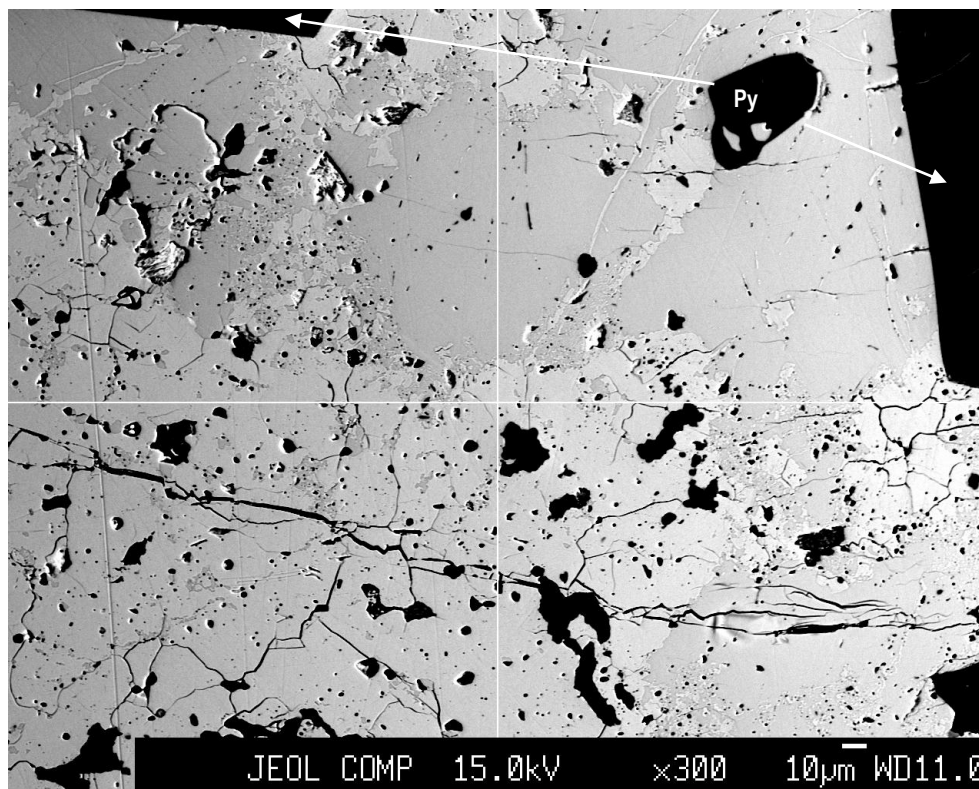


Fig. 6.10: Imagem de electrões retrodifundidos obtida com microsonda electrónica documentando a substituição parcial da massa de tenanite (fase cinzenta menos reflectante) por calcocite ao longo de microfissuras (fase cinzenta mais reflectante); LDP M-105-12 (Lentícula C2).

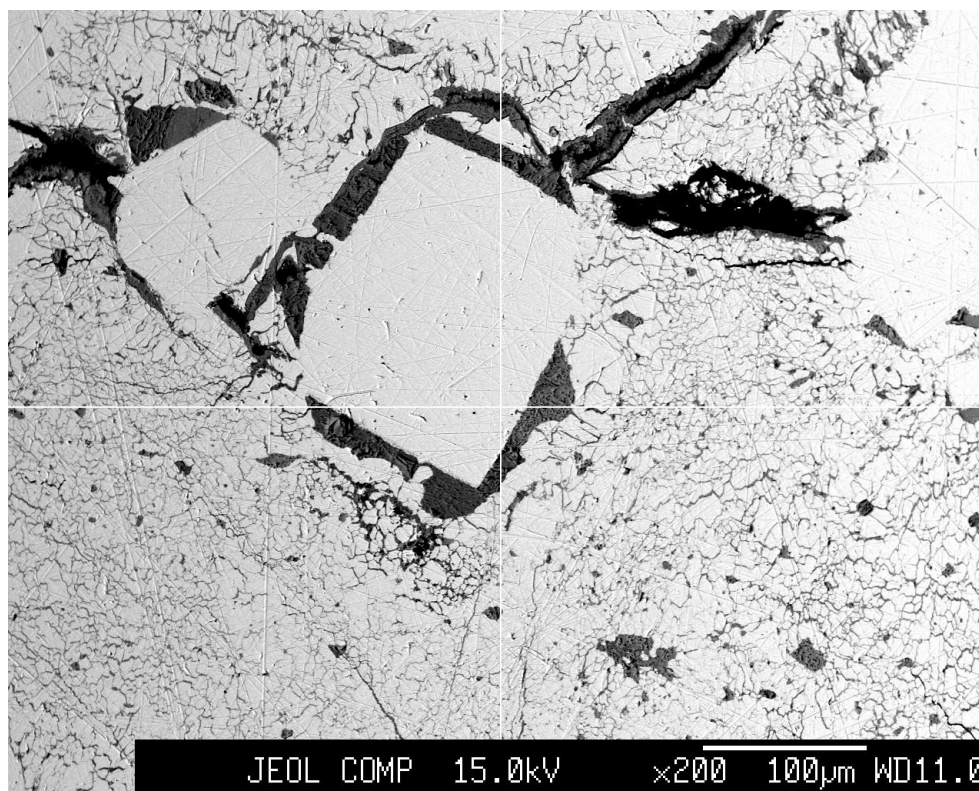


Fig. 6.11: Imagem de electrões retrodifundidos obtida com microsonda electrónica documentando veio de calcocite (fase mais reflectante) a ser substituído por (hidr)óxidos de Fe (fase menos reflectante) ao longo de uma extensa rede de microfissuras; LDP M-105-9 (Lentícula C1).

Merece ainda destaque a substituição tardia destes sulfuretos por (hidr)óxidos de Fe, geralmente aproveitando descontinuidades intra e intergranulares; esta substituição é tanto mais extensa quanto mais avançado o estado de oxidação do domínio mineralizado em questão (Fig. 5.18).

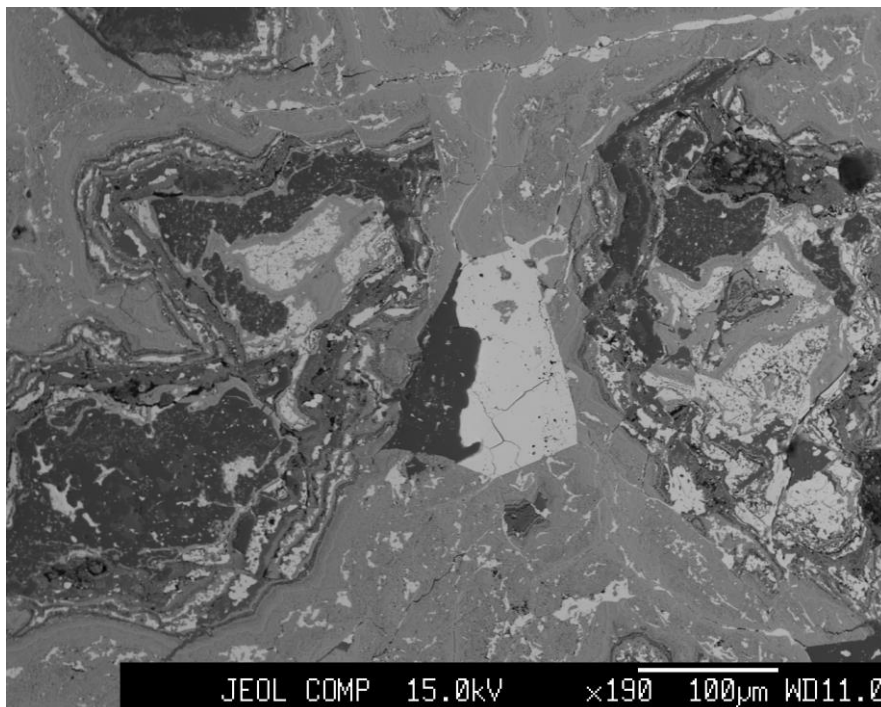


Fig. 6.12: Imagem de electrões retrodifundidos obtida com microsonda electrónica ilustrando domínio de alteração extrema da amostra M-105-12. Relíquias de calcocite (fase mais reflectante) no seio de (hidr)óxidos de Fe (fase cinzenta de reflectância intermédia). A fase cinzenta de menor reflectância corresponde a quartzo.

A análise da estatística sumária da totalidade dos resultados analíticos obtidos para os sulfuretos de cobre (Tabelas 6.3.1 a 6.3.4), bem como as respectivas projecções nos diagramas triangulares Cu-Fe-S (Fig. 6.13) mostra:

- Valores medianos de Cu variáveis entre 76.35 wt% (na Lenticula B) e 79.34 wt% (na Lenticula C1). Estes valores traduzem variações entre as proporções relativas de Cu e S, das quais resultam os diferentes minerais do sistema Cu_2S -CuS: calcocite (Cu_2S), djurleite ($\text{Cu}_{1.97}\text{S}$), digenite ($\text{Cu}_{1.80}\text{S}$), anilite ($\text{Cu}_{1.75}\text{S}$), geerite ($\text{Cu}_{1.94}\text{S}$), spionkopite ($\text{Cu}_{1.40}\text{S}$), yarrowite ($\text{Cu}_{1.12}\text{S}$) e covelite (CuS). Tais variações são responsáveis pelas diferentes tonalidades/colorações azuladas/violáceas apresentadas por estes grupos de minerais em microscopia óptica. O valor mediano para a totalidade das análises cifra-se em 78.20%.
- A existência de análises com valores máximos de Fe significativos em todas as formações e lenticulas mineralizadas, atingindo um máximo de 12.783 wt% na Lenticula C1. Não obstante o bom ajustamento da proporção Cu:S à estequiometria dos sulfuretos de Cu (variável entre Cu_2S e CuS), valores de Fe desta ordem de grandeza não são de todo expectáveis nestas fases minerais e resultam muito presumivelmente:

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

- Da interferência na análise por parte dos (hidr)óxidos de Fe que se encontram a substituí-los por intermédio de uma rede muito fina de microfracturas; nestes casos as análises apresentam invariavelmente valores totais de percentagem em peso inferiores a 100 wt% (e.g. M-73B-7A e M-105-12);
- Da presença de termos composicionalmente intermédios entre calcocite e bornite nos domínios em que se observam intercrescimentos pronunciados entre estas fases (e.g. M-102-12) ou em que a primeira substitui a segunda; nestes casos, as análises apresentam valores totais de percentagem em peso muito próximos de 100 wt%.
- Valor máximo de As de 2.995 wt% e de Zn de 1.447 wt% na lenticula C2, os quais reflectem exclusivamente o efeito de matriz resultante do facto de a análise ter sido obtida em calcocite substituindo parcialmente uma massa tenantítica através de uma rede densa de microfracturas, não tendo como tal qualquer carácter interpretativo. Os conteúdos medianos nos dois metais em sulfuretos de cobre analisados nesta lenticula são de 0 e 0.080%, respectivamente.
- Máximo de Co de 0.128 wt% numa análise da lenticula C1. Este valor, único acima da centésima em todas as análises realizadas, foi registado na calcocite que substitui um grão grosseiro de pirite no qual se registaram valores importantes de Co (ver secção pirites);
- Valor mediano de Au de 0.125 wt%, com um máximo de 0.801 wt% para o conjunto de análises realizado. Tal como observado noutras fases minerais, os conteúdos em Au apresentam distribuição errática (ora nulos, ora com valores da ordem de várias centésimas de unidade), mas consistente, nas diferentes lenticulas mineralizadas.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.3.1: Amplitude de variação e valores medianos das distribuições de concentração multi-elementar para sulfuretos de Cu.

Total análises			
N=95			
	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.106	0.002
As	0.000	2.995	0.000
Mn	0.000	0.180	0.000
Fe	0.000	12.783	0.384
S	17.177	32.606	20.622
Ge	0.000	0.073	0.000
Sn	0.000	0.164	0.000
Cu	56.066	80.982	78.195
In	0.000	0.109	0.007
Se	0.000	0.093	0.010
Ag	0.000	0.197	0.026
Co	0.000	0.128	0.006
Ni	0.000	0.060	0.000
Pb	0.000	0.489	0.012
Bi	0.000	0.142	0.000
Zn	0.000	1.447	0.063
Cd	0.000	0.092	0.000
Au	0.000	0.801	0.125

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.3.2: Análises representativas de sulfuretos de cobre (wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lentícula B – Formação C5b)

Lentícula B						
Lâmina	M-73B-7a	M-73B-7a	M-73B-7a	N=20		
Referência	b1_calc	b2_calc	b3_calc			
Análise	3	3	4			
Termo	Djurleite	Geerite	Yarrowite - Spionkopite			
Local da análise	Fase azul- acinzentado em veio em Py	Fase azul selando fractura em py, com h-Fe	Fase azul forte selando fractura em py, com h-Fe	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.000	0.045	0.000	0.106	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.110	0.000
Mn	0.017	0.034	0.007	0.000	0.083	0.005
Fe	0.047	0.330	0.372	0.023	10.569	0.500
S	20.689	23.097	27.343	19.865	27.923	22.658
Ge	0.041	0.000	0.037	0.000	0.073	0.000
Sn	0.000	0.007	0.000	0.000	0.164	0.000
Cu	78.221	75.879	71.888	56.066	79.968	76.349
In	0.000	0.000	0.066	0.000	0.109	0.002
Se	0.000	0.000	0.078	0.000	0.089	0.011
Ag	0.106	0.000	0.064	0.000	0.197	0.035
Co	0.058	0.016	0.051	0.000	0.079	0.012
Ni	0.000	0.000	0.044	0.000	0.044	0.000
Pb	0.204	0.000	0.002	0.000	0.387	0.001
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.142	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.191	0.028
Cd	0.000	0.034	0.000	0.000	0.092	0.000
Au	0.674	0.439	0.456	0.000	0.775	0.089
total	100.057	99.836	100.453			
Sb	0.000	0.000	0.000			
As	0.000	0.000	0.000			
Mn	0.000	0.001	0.000			
Fe	0.001	0.008	0.008			
S	1.000	1.000	1.000			
Ge	0.001	0.000	0.001			
Sn	0.000	0.000	0.000			
Cu	1.908	1.658	1.326			
In	0.000	0.000	0.001			
Se	0.000	0.000	0.001			
Ag	0.002	0.000	0.001			
Co	0.002	0.000	0.001			
Ni	0.000	0.000	0.001			
Pb	0.002	0.000	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.000	0.000	0.000			
Cd	0.000	0.000	0.000			
Au	0.005	0.003	0.003			
total cat	1.920	1.671	1.342			
total S	1.000	1.000	1.000			

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.3.3: Análises representativas de sulfuretos de cobre (wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lentícula C1 – Formação C5b)

Lentícula C1						
Lâmina	M-73B-4	M-102-12	M-105-10			
Referência	b2_calc	b3_calc	b1_calc	N=36		
Análise	4	2	6			
Termo	Calcocite	Calcocite	Djurleite			
Local da análise	Fase cinzento-claro, envolvendo pseudomorfoses de h-Fe depois de Py	Fase azulada intercrescida com Cu nativo	Fase cinzento-azulado a substituir Bn	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.015	0.033	0.000	0.060	0.000
As	0.022	0.000	0.000	0.000	0.117	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.000
Fe	0.237	0.012	0.138	0.000	12.783	0.547
S	20.232	20.075	20.720	17.177	22.878	20.229
Ge	0.000	0.007	0.000	0.000	0.033	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.073	0.000
Cu	80.292	80.653	79.140	66.838	80.982	79.336
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077	0.010
Se	0.000	0.006	0.000	0.000	0.054	0.009
Ag	0.036	0.000	0.000	0.000	0.079	0.011
Co	0.010	0.000	0.000	0.000	0.128	0.008
Ni	0.000	0.008	0.000	0.000	0.060	0.000
Pb	0.008	0.025	0.000	0.000	0.136	0.007
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000
Zn	0.060	0.025	0.029	0.000	0.149	0.060
Cd	0.000	0.008	0.021	0.000	0.060	0.003
Au	0.000	0.064	0.318	0.000	0.686	0.195
total	100.897	100.898	100.399			
Sb	0.000	0.000	0.000			
As	0.000	0.000	0.000			
Mn	0.000	0.000	0.000			
Fe	0.007	0.000	0.004			
S	1.000	1.000	1.000			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.000	0.000	0.000			
Cu	2.002	2.027	1.926			
In	0.000	0.000	0.000			
Se	0.000	0.000	0.000			
Ag	0.001	0.000	0.000			
Co	0.000	0.000	0.000			
Ni	0.000	0.000	0.000			
Pb	0.000	0.000	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.001	0.001	0.001			
Cd	0.000	0.000	0.000			
Au	0.000	0.001	0.002			
total cat	2.011	2.029	1.934			
total S	1.000	1.000	1.000			

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.3.4: Análises representativas de sulfuretos de cobre (wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lentícula C1 – Formação C5b)

Lâmina	Lentícula C2					
	M-102-17	M-103-3	M-105-12			
	b1_calc	b1_calc	b1_born	N=39		
	4	3	8			
Termo	Calcocite	Calcocite	Digenite			
Local da análise	Fase azulada intercrescida com h-Fe	Fase cinza em veio mineralizado, circundada e substituída por h-Fe	Intercrescimentos de fases arroxeada e azul-esverdeado no seio de tnt	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.013	0.040	0.000	0.050	0.006
As	0.000	0.000	0.000	0.000	2.995	0.000
Mn	0.000	0.041	0.000	0.000	0.180	0.000
Fe	0.073	0.005	0.314	0.000	6.519	0.315
S	20.133	20.530	21.608	17.705	32.606	20.547
Ge	0.000	0.011	0.000	0.000	0.032	0.000
Sn	0.030	0.026	0.000	0.000	0.073	0.000
Cu	79.184	79.955	77.810	65.729	80.233	77.889
In	0.000	0.044	0.011	0.000	0.051	0.004
Se	0.000	0.000	0.034	0.000	0.093	0.013
Ag	0.038	0.000	0.101	0.000	0.168	0.026
Co	0.002	0.000	0.028	0.000	0.036	0.004
Ni	0.000	0.012	0.000	0.000	0.045	0.000
Pb	0.023	0.000	0.000	0.000	0.489	0.020
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.066	0.000
Zn	0.045	0.078	0.068	0.000	1.447	0.080
Cd	0.024	0.036	0.036	0.000	0.069	0.000
Au	0.000	0.065	0.000	0.000	0.801	0.125
total	99.552	100.816	100.050			
Sb	0.000	0.000	0.000			
As	0.000	0.000	0.000			
Mn	0.000	0.001	0.000			
Fe	0.002	0.000	0.008			
S	1.000	1.000	1.000			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.000	0.000	0.000			
Cu	1.985	1.965	1.816			
In	0.000	0.001	0.000			
Se	0.000	0.000	0.001			
Ag	0.001	0.000	0.001			
Co	0.000	0.000	0.001			
Ni	0.000	0.000	0.000			
Pb	0.000	0.000	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.001	0.002	0.002			
Cd	0.000	0.001	0.000			
Au	0.000	0.001	0.000			
total cat	1.989	1.971	1.829			
total S	1.000	1.000	1.000			

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

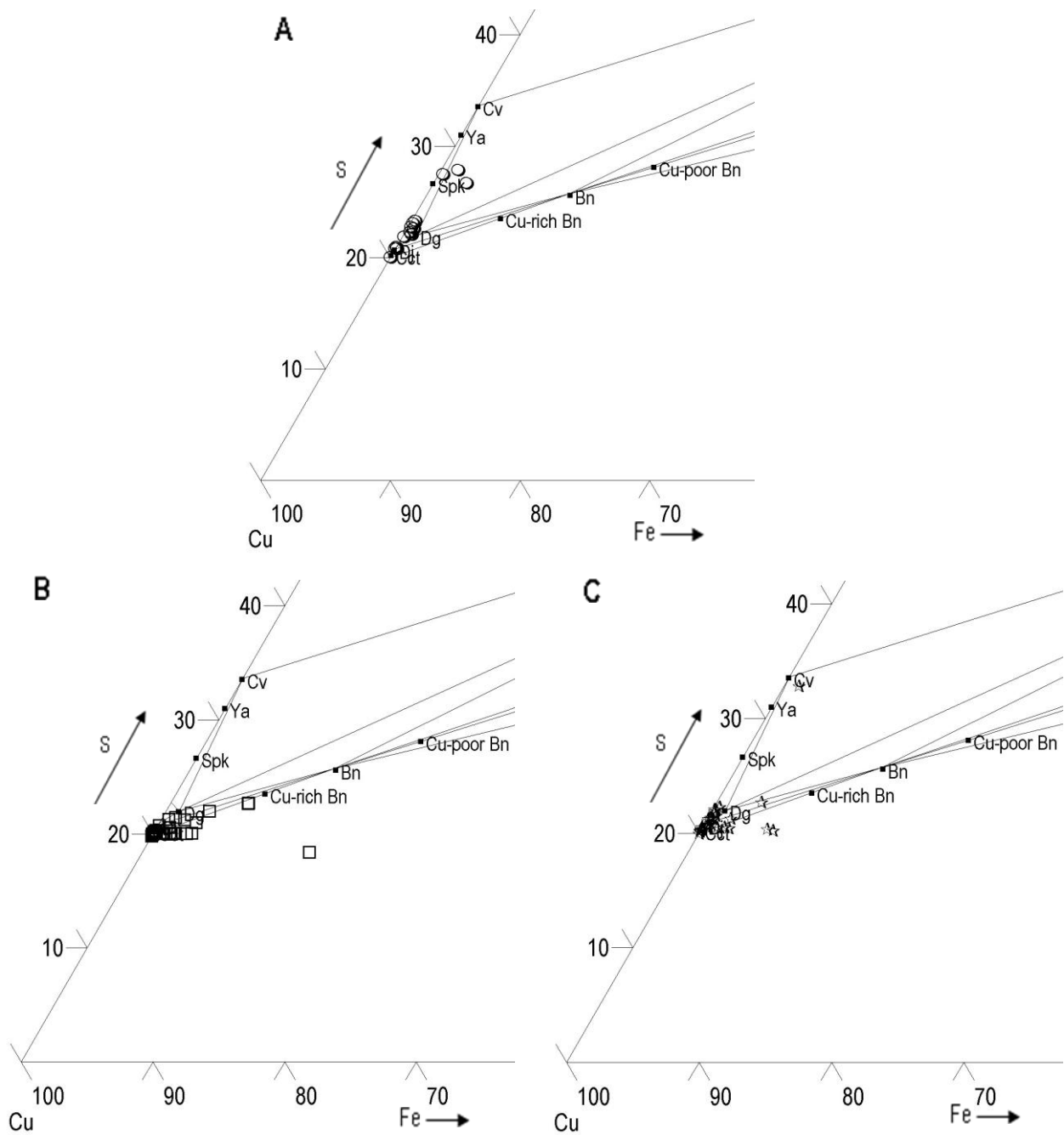


Fig. 6.13A, B e C: Projecção das análises de sulfuretos de Cu obtidas, respectivamente em amostras das Lenticulas B, C1 e C2 (*Formação C5b*) no diagrama ternário Cu-Fe-S, bem como as composições ideais de alguns sulfuretos de Cu e Cu/Fe.

Legenda: Cu-poor Bn – Cu_3FeS_3 ; Bn – Cu_5FeS_4 ; Cu-rich Bn – Cu_9FeS_6 ; Cct – Cu_2S ; Dg – Cu_9S_5 ; Spk – $\text{Cu}_{39}\text{S}_{28}$; Cu_9S_8 ; Cv – CuS .

6.1.4 - Cu Nativo

As análises em Cu nativo foram realizadas em amostras das Lenticulas A (LDP M-102-9), C1 (LDP M-102-12 e M-105-9), C2 (LDP M-102-17 e M-103-3) da Formação C5b (M-77A-3).

O Cu nativo encontra-se invariavelmente em domínios e contextos texturais que tornam patente a sua contemporaneidade com os processos de oxidação tardia, apresentando-se:

- A preencher diversos vazios, sejam estes: (1) núcleos ou paredes de pseudomorfoses de (hidr)óxidos de Fe depois de pirite; (2) resultantes de dissolução e (micro)fracturas na matriz carbonatada e/ou em veios de calcocite;
- Associado a calcocite (sendo-lhe claramente posterior) e cuprite (Estampa 5D) ou (hidr)óxidos de Fe (por substituição completa da calcocite – Estampa 5B).
- Disseminado na matriz carbonatada, surgindo preferencialmente no seio de grãos dolomíticos e, por vezes, materializando as espículas de carbonato dolomítico (Fig. 6.14).

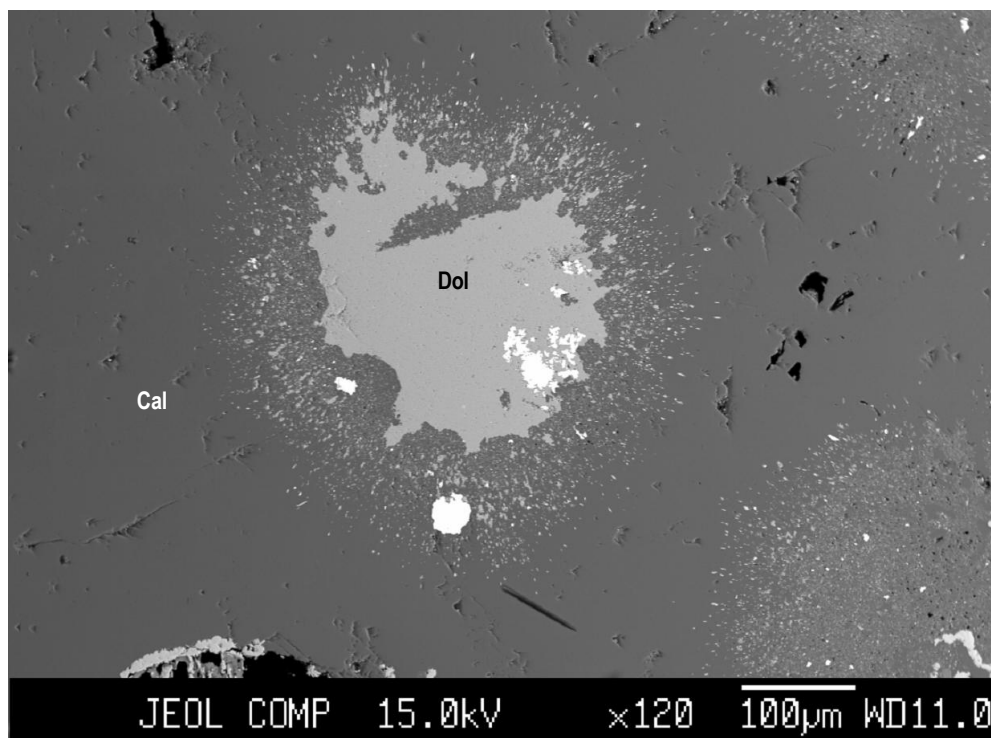


Fig. 6.14: Imagem de electrões retrodifundidos em microsonda electrónica ilustrando Cu nativo (fase mais reflectante) no seio de grão dolomítico (Dol), envolvidos por matriz de natureza calcítica (Cal) grosseira (LDP M-102-9).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

O tratamento estatístico sumário (Tabelas 6.4.1 a 6.4.5) da totalidade das análises realizadas revela que a liga metálica é Cu bastante puro, com excepção de escassos casos em que se detectam valores ocasionais (máximos) ou sistemáticos (medianos) significativos para Fe, S, Au, As, Zn e Pb, na maior parte dos casos reflectindo a presença de impurezas matriciais.

O Cu⁰ apresenta conteúdos máximos em Fe de 0.425 wt% quando incluso em amostras da Formação C5b (valor mediano de 0.284 wt%), 2.634 wt% quando presente em exemplares da Lenticula C1 (valor mediano de 0.454wt%) e 0.568 wt% quando ocorre na Lenticula C2 (valor mediano de 0.097 wt%). A Lenticula A apresenta valores máximo e mediano em Fe inferiores à centésima da unidade em wt%. Dado o contexto mineralógico-textural em que o Cu⁰ se encontra e sendo contemporâneo dos processos de oxidação tardia, os conteúdos em ferro poderão ser explicados pela presença de impurezas ou cripto-intercrescimentos de (hidr)óxidos de Fe com aquela liga metálica. Origem idêntica deverão ter os conteúdos na ordem da centésima de unidade registados para o S, dada a coexistência de Cu⁰, calcocite e (hidr)óxidos de Fe, estes últimos resultantes da substituição de diversas fases sulfuretadas. Por vezes, o Cu⁰ apresenta também quantidades traço (na ordem da centésima da unidade em wt%) de Zn; contudo, os seus valores medianos das distribuições de concentração para este último metal são sempre inferiores a essa ordem de grandeza.

Os conteúdos em Au apresentam regularidade assinalável nas análises efectuadas em Cu⁰, independentemente da posição relativa ocupada pela amostra nas formações e lenticulas mineralizadas; esta assinatura química traduz-se no valor mediano de 0.192 wt%, atingindo 0.490 wt% como máximo. No que respeita ao As, apenas o Cu⁰ analisado em amostras da lenticula A apresenta valores dignos de registo (0.443 e 0.360 wt% em duas das três análises realizadas). Estes conteúdos traço traduzem, na sua essência, o desenvolvimento de orlas de reacção nas massas de Cu⁰ constituídas por diversos arsenatos tardios cujas características composicionais serão discutidas na secção referente às fases acessórias.

Os totais analíticos baixos registados em certos casos (LDP M-77A-3 e análise 1 da M-102-17) poderão traduzir o processo de oxidação ou ao carácter poroso/filamentoso/arborescente de alguns agregados de Cu⁰ nos quais foram feitas as análises em questão. Já os totais analíticos elevados, por vezes próximo de 102 wt%, reflectem problemas de padronização, uma vez que, em rotina, se utilizou como padrão de Cu a cuprite.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.4.1: Amplitude de variação e valores medianos das distribuições de concentração multi-elementar para Cu⁰.

Total análises			
N=33			
	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.063	0.000
As	0.000	0.443	0.000
Mn	0.000	0.054	0.000
Fe	0.027	2.634	0.151
S	0.000	0.639	0.011
Ge	0.000	0.046	0.000
Sn	0.000	0.036	0.000
Cu	86.618	102.168	100.558
In	0.000	0.068	0.006
Se	0.000	0.053	0.000
Ag	0.000	0.085	0.010
Co	0.000	0.039	0.004
Ni	0.000	0.018	0.000
Pb	0.000	0.171	0.000
Bi	0.000	0.069	0.007
Zn	0.000	0.187	0.083
Cd	0.000	0.072	0.000
Au	0.000	0.490	0.192

Tabela 6.4.2: Análises de Cu⁰ (valores em wt%) da Lentícula A (Formação C5b).

Lentícula A			
Lâmina	M-102-9		
Referência	b2_Cu		
Análise	1	2	3
Local da análise	Microgrãos no seio da matriz meta-carbonatada		
Sb	0.000	0.063	0.048
As	0.000	0.443	0.360
Mn	0.017	0.004	0.000
Fe	0.034	0.052	0.044
S	0.000	0.012	0.005
Ge	0.000	0.012	0.000
Sn	0.000	0.000	0.021
Cu	101.581	99.257	99.601
In	0.018	0.000	0.053
Se	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.015	0.029
Co	0.007	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000
Bi	0.037	0.047	0.000
Zn	0.050	0.165	0.000
Cd	0.017	0.000	0.000
Au	0.201	0.235	0.150
total	101.962	100.305	100.311

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.4.3: Análises de Cu⁰ (valores em wt%) da Lentícula C1 (Formação C5b)

Lentícula C1					
N=5					
Lâmina	M-105-9			M-102-12	
Referência	b2_Cu			b3_Cu	
Análise	1	2	3	1	2
Local da análise	Em microfracturas intragranulares em calcocite			Massa de Cu com calcocite	
Sb	0.026	0.044	0.010	0.000	0.015
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.005	0.007	0.000	0.000	0.003
Fe	2.634	0.454	0.910	0.132	0.299
S	0.010	0.020	0.457	0.000	0.157
Ge	0.000	0.000	0.009	0.000	0.032
Sn	0.010	0.000	0.031	0.000	0.000
Cu	97.983	100.558	99.757	101.300	101.207
In	0.014	0.006	0.005	0.000	0.044
Se	0.046	0.000	0.000	0.031	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.006	0.085
Co	0.030	0.000	0.011	0.007	0.002
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.081	0.171	0.021	0.023
Bi	0.010	0.006	0.016	0.036	0.015
Zn	0.132	0.033	0.066	0.082	0.026
Cd	0.000	0.000	0.050	0.021	0.000
Au	0.173	0.455	0.157	0.414	0.254
total	101.073	101.664	101.650	102.050	102.162

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.4.4: Análises representativas de Cu⁰ (valores em wt%) da Lentícula C2 (Formação C5b)

Lâmina	Lentícula C2					
	M-102-17	M102-17	M-103-3			
	b1_Cu	b2_Cu	b7_Cu	N=19		
	1	5				
Local da análise	Massa de Cu ⁰ envolvendo pequenos grãos de Cct e Cpr	Bordo de grão isolado	Selando micro- fracturas discretas	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.003	0.033	0.000	0.000	0.049	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000
Mn	0.000	0.054	0.001	0.000	0.054	0.000
Fe	0.042	0.151	0.097	0.027	0.568	0.097
S	0.021	0.000	0.062	0.000	0.072	0.001
Ge	0.000	0.027	0.000	0.000	0.038	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.016
Cu	100.368	100.912	101.146	91.037	102.168	100.864
In	0.010	0.000	0.000	0.000	0.068	0.000
Se	0.000	0.018	0.000	0.000	0.029	0.000
Ag	0.010	0.000	0.037	0.000	0.072	0.010
Co	0.000	0.000	0.001	0.000	0.039	0.005
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Pb	0.026	0.000	0.000	0.000	0.067	0.000
Bi	0.000	0.031	0.007	0.000	0.069	0.007
Zn	0.080	0.176	0.000	0.000	0.187	0.098
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.000
Au	0.123	0.108	0.027	0.000	0.456	0.123
total	100.683	101.510	101.378			

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.4.5: Análises de Cu⁰ (valores em wt%) da Formação C5b.

Formação C5b						
0						
Lâmina	M-77A-3					
Referência	b5_Cu	b5_Cu	b5_Cu	b5_Cu	b5_Cu	b5_Cu
Análise	1	2	3	4	5	6
Local da análise	Diferentes tonalidades de cinzento na mesma partícula (do + claro para o + escuro)			Cu ⁰ arborescente		
Sb	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.020	0.000	0.001	0.000	0.000
Mn	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.034
Fe	0.182	0.202	0.189	0.424	0.425	0.365
S	0.088	0.222	0.639	0.144	0.133	0.133
Ge	0.000	0.000	0.000	0.046	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	96.868	92.597	86.618	97.036	96.735	97.817
In	0.000	0.018	0.006	0.000	0.000	0.018
Se	0.015	0.047	0.000	0.022	0.053	0.000
Ag	0.000	0.035	0.024	0.041	0.067	0.000
Co	0.000	0.006	0.012	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.018	0.000	0.013	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.028	0.000	0.107	0.051
Bi	0.000	0.019	0.000	0.000	0.001	0.000
Zn	0.083	0.046	0.144	0.049	0.088	0.149
Cd	0.041	0.037	0.011	0.000	0.000	0.010
Au	0.079	0.270	0.467	0.490	0.224	0.000
total	97.387	93.541	88.138	98.266	97.833	98.577

6.1.5 - Óxidos e Hidróxidos de Fe

Os óxidos e hidróxidos de Fe são constituintes fundamentais dos domínios mineralizados oxidados, ou seja, representam os termos extremos do processo de oxidação a que a associação sulfuretada foi sujeita, dando origem essencialmente a:

- Pseudomorfoses, por vezes completas, com zonação evidente (a qual se reflecte como variações de tonalidade em microscopia óptica), depois de pirite euédrica (Fig. 6.15); menos frequentemente, estas pseudomorfoses apresentam texturas de crescimento em espaço vazio (denunciadas pelo hábito botrioidal característico), por dissolução completa do grão pré-existente;
- Agregados muito finos de pequenos grãos aciculares, quando em substituição de agregados maciços de pirite ou calcocite, processando-se a mesma por intermédio de redes de fracturas e microfracturas intragranulares (Fig. 6.16).

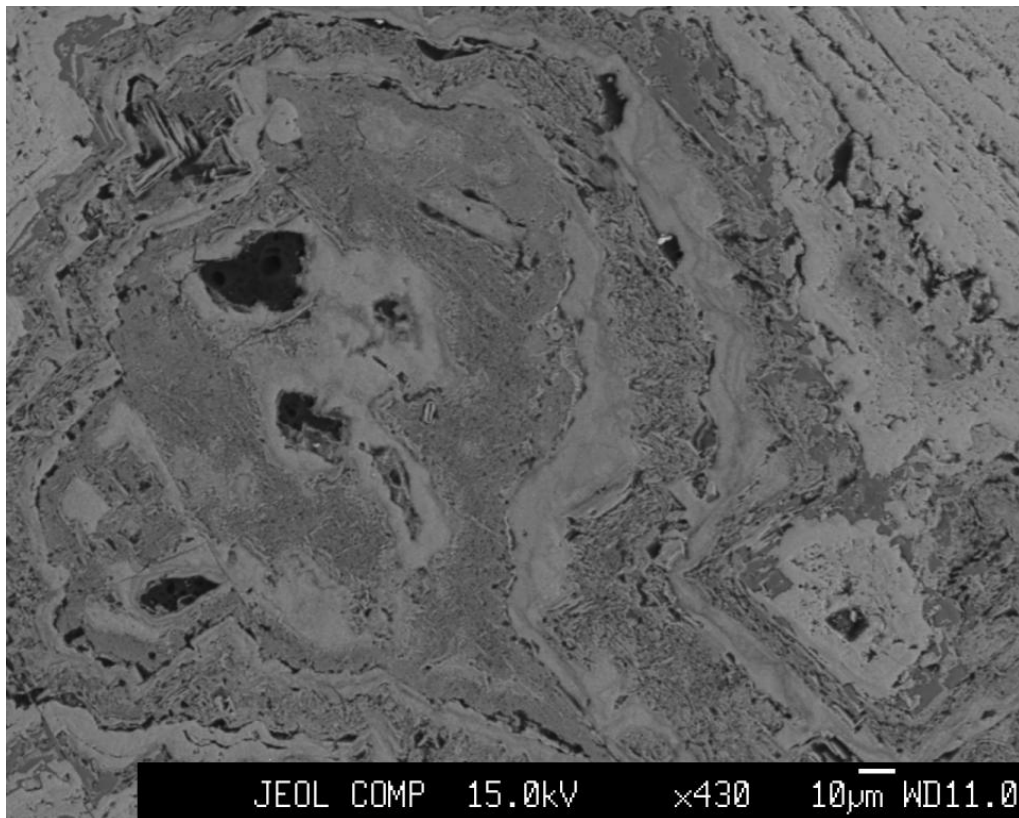


Fig. 6.15: Pormenor de pseudomorfoses de (hidr)óxidos de Fe (depois de pirite?) em imagem de electrões retrodifundidos (LDP M-73B-4).

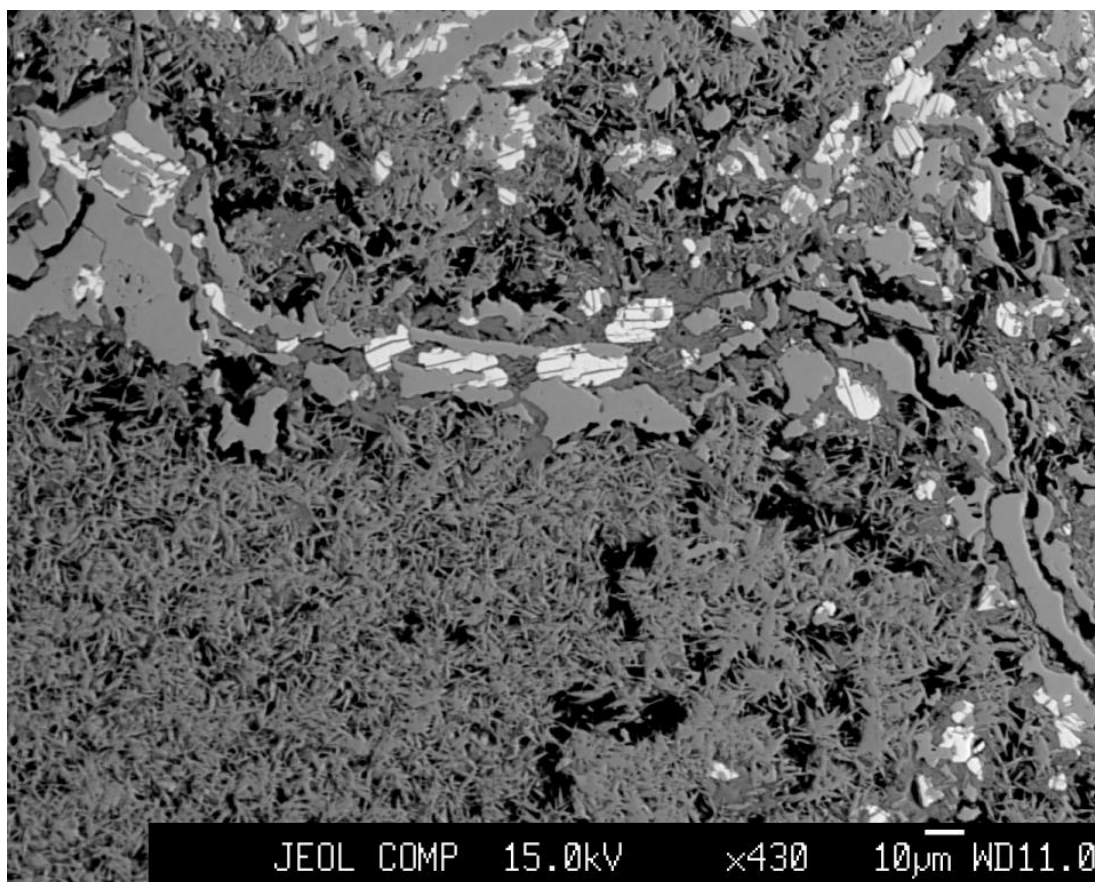


Fig. 6.16: Imagem de electrões retrodifundidos evidenciando a substituição de pirite (fase de reflectância intermédia) e sulfuretos de Cu (fase mais reflectante) por agregados de grãos aciculares de (hidr)óxidos de Fe. Zonas negras são vazios.

É sabido que os óxidos e hidróxidos de Fe presentes em zonas de oxidação de minérios sulfuretados podem ser portadores de elementos menores de elevado potencial económico, como por exemplo Ge, por adsorção dos mesmos após a sua libertação das fases sulfuretadas durante o processo de oxidação. Por causa disso, realizaram-se diversas análises qualitativas extensas de forma a confirmar ou infirmar a presença desses metais (Fig. 6.17). Os resultados obtidos revelam a inexistência de qualquer elemento com potencial interesse económico nas fases óxidas e hidróxidas analisadas, as quais apresentam assim composição muito próxima da estequiometria ideal.

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

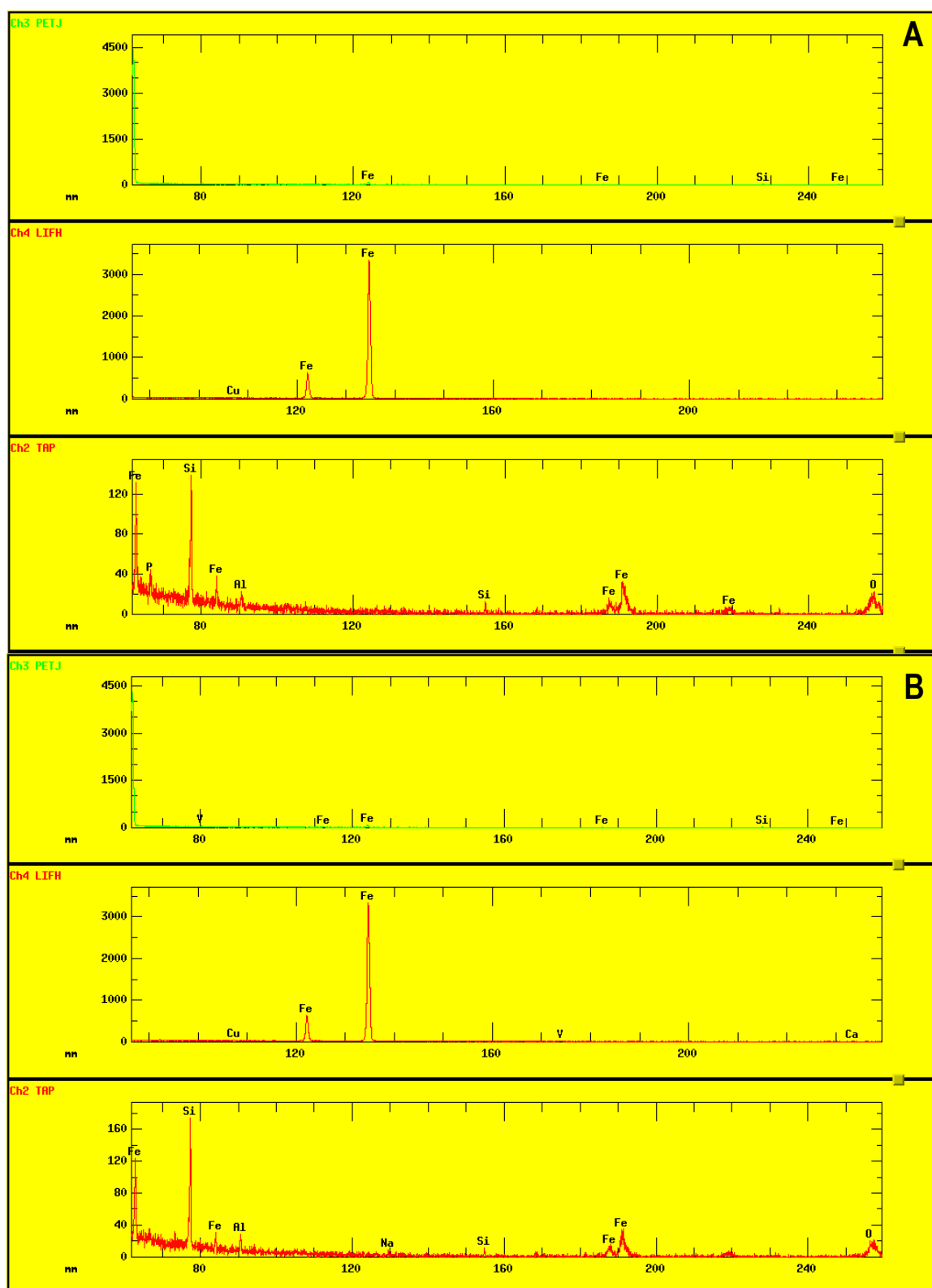
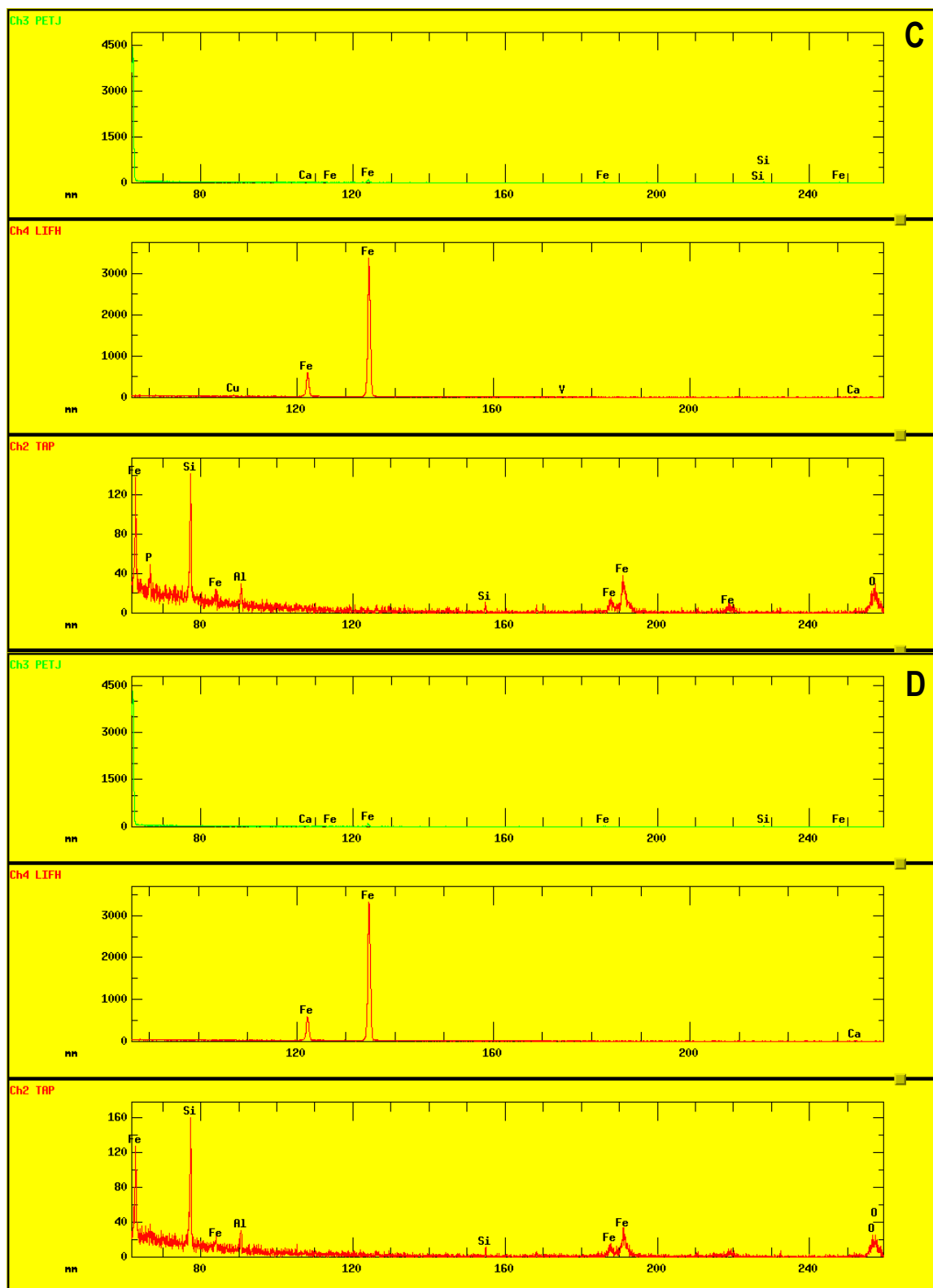


Fig. 6.17A, B, C e D: Espectros representativos de análises qualitativas realizadas em (hidr)óxidos de ferro; C e D – página seguinte.

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)



**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

6.2 - Fases minerais acessórias

6.2.1 - Calcopirite

As análises de calcopirite foram obtidas em amostras da Lentícula C1 e outras não correspondentes a lentículas mineralizadas da Formação C5b, e da lentícula I.

Na lentícula C1, este sulfureto sela fracturas em pirite e desenvolve interdigitações com bornite (e.g. M-102-12 – Estampa 5A), ocorrendo ainda como relíquias no seio de bornite (e.g. M-105-10; Fig. 6.5). Na Formação C5b, nomeadamente em exemplares não coincidentes com as lentículas mineralizadas, a calcopirite encontra-se sob a forma de microgrãos disseminados na matriz carbonatada. Na Lentícula I, este sulfureto é parte integrante de agregados irregulares poliminerálicos (contendo pirite, bornite e/ou tenantite) disseminados na matriz siliciclástica (Figs. 6.2 e 6.18).

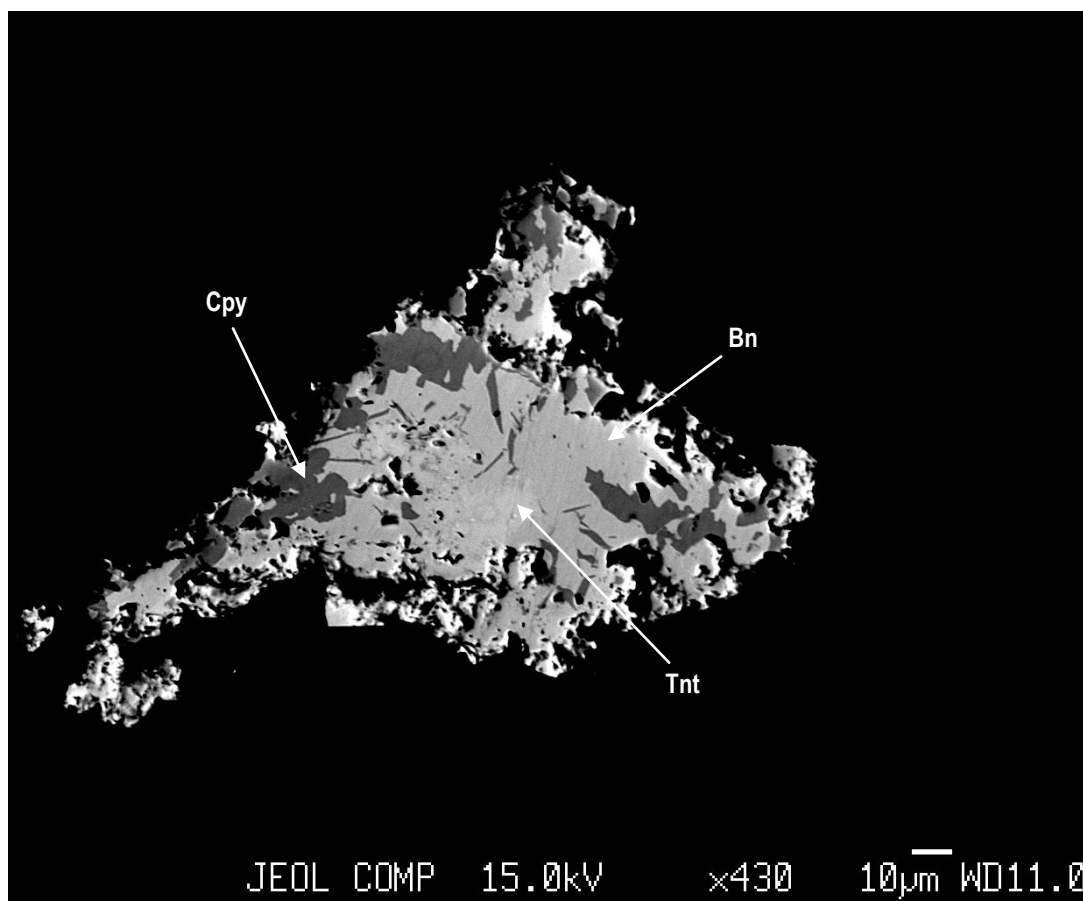


Fig. 6.18 - Imagem correspondente de electrões retrodifundidos obtida com microsonda electrónica. Agregado irregular poliminerálico da Lentícula I (M-105-4) destacando-se os intercrescimentos calcopirite (Cpy) e bornite (Bn) na proximidade de tenantite (Tnt).

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo (Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

No que respeita à sua composição, as análises pontuais obtidas revelam a existência de desvios relativamente significativos à fórmula ideal CuFeS_2 . Estes desvios ocorrem fundamentalmente em análises de calcopirite da lentícula I, as quais apresentam incrementos dos conteúdos em cobre. Tais acréscimos são interpretados como resultado dos intercrescimentos finos entre bornite e calcopirite observados em imagens de elevada resolução e ampliação (e.g. 6.2), podendo aquelas composições representar termos composicionais intermédios entre as duas fases sulfuretadas, conforme sugerido pela projecção no diagrama ternário Cu-S-Fe patente na Fig. 6.19. O desvio verificado numa das análises da lentícula C1, deve-se certamente à contaminação da análise por pirite aquando da incidência do feixe de electrões ($5\mu\text{m}$ diâmetro), da qual resultou um ligeiro aumento percentual de S e Fe, e diminuição de Cu; a plausibilidade deste raciocínio é corroborada pelo facto da análise ter sido realizada em finos agregados de calcopirite selando microfissuras intragranulares de pirite.

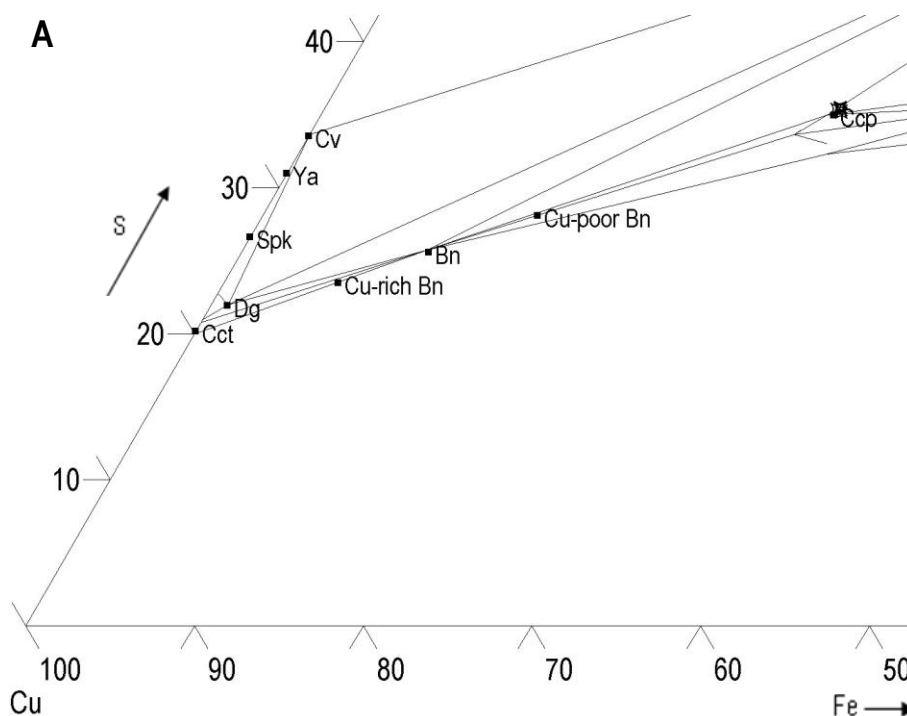


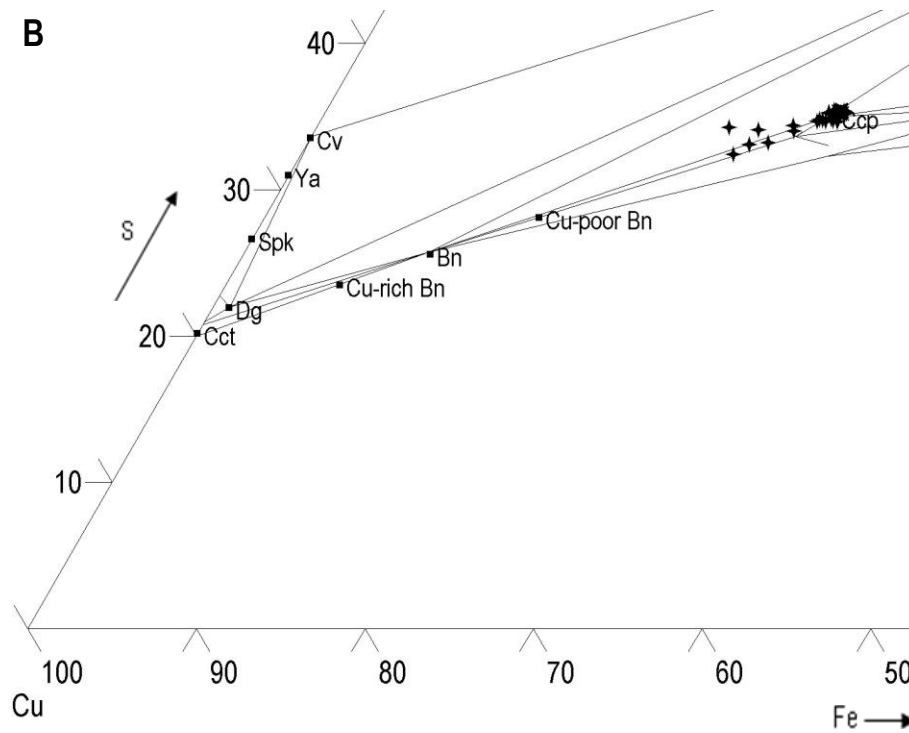
Fig. 6.19A, B e C: Projecção das análises de calcopirites obtidas em amostras, respectivamente, da Formação C5b e das Lenticulas I (Subgrupo Xisto-Gresoso) e C1 (*Formação C5b*) no diagrama ternário Cu-Fe-S, bem como as composições ideais de alguns sulfuretos de Cu e Cu/Fe;

B e C na página seguinte.

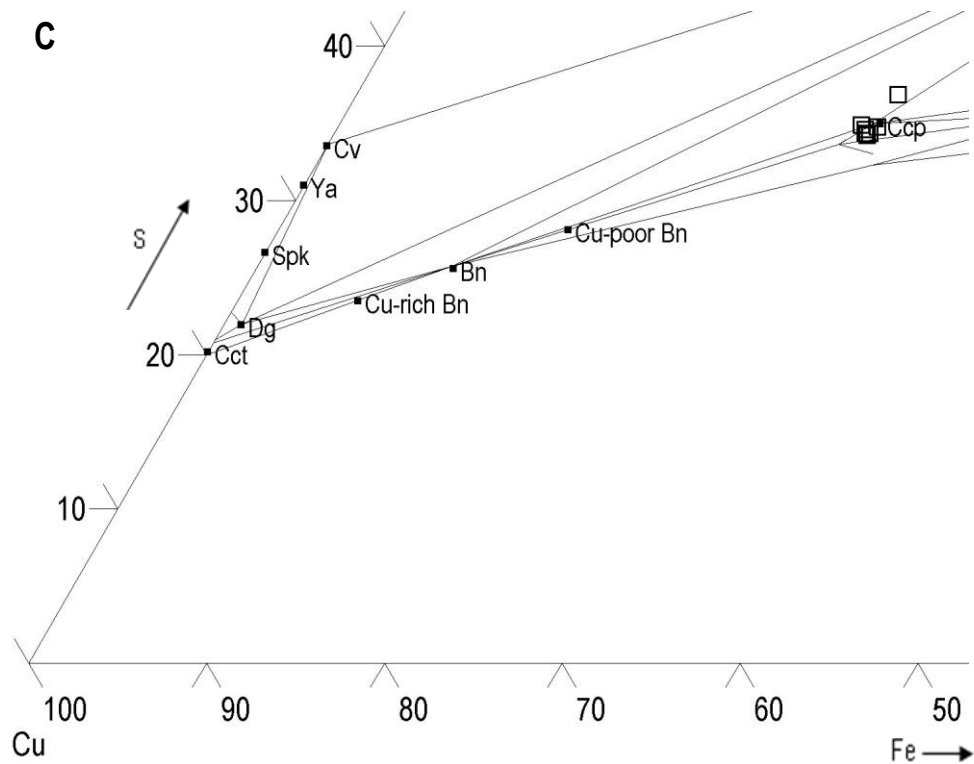
Legenda: Ccp – CuFeS₂; Cu-poor Bn – Cu₃FeS₃; Bn – Cu₅FeS₄; Cu-rich Bn – Cu₉FeS₆; Cct – Cu₂S;
Dg – Cu₉S₅; Spk – Cu₃₉S₂₈; Cu₉S₈; Cv – CuS.

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

B



C



**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Com excepção dos desvios referidos anteriormente para os elementos maiores, as análises pontuais de calcopirite obtidas revelaram-se bastante homogéneas, sendo praticamente negligenciáveis os conteúdos em elementos menores e traço (Tabelas 6.5.1 a 6.5.4). O único metal traço digno de nota é o Au, cuja presença sistemática é detectada em todas as calcopirites analisadas, independentemente do contexto textural e litológico; o valor mediano da distribuição dos valores de concentração em Au cifra-se em 0.150 wt% para o total das análises pontuais realizadas, atingindo o máximo de 0.624 wt% em exemplares da Lenticula I (Subgrupo Xisto-Gresoso).

Tabela 6.5:1: Amplitude de variação e valores medianos (wt%) das distribuições de concentração multi-elementar para calcopirite.

Total análises

N=41

	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.070	0.000
As	0.000	0.099	0.000
Mn	0.000	0.082	0.001
Fe	23.543	30.738	29.710
S	32.310	36.430	34.202
Ge	0.000	0.027	0.000
Sn	0.000	0.057	0.000
Cu	32.289	41.840	34.105
In	0.000	0.091	0.000
Se	0.000	0.041	0.000
Ag	0.000	0.059	0.004
Co	0.004	0.086	0.046
Ni	0.000	0.052	0.000
Pb	0.000	0.109	0.014
Bi	0.000	0.028	0.000
Zn	0.000	0.190	0.044
Cd	0.000	0.053	0.000
Au	0.000	0.624	0.150

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.5.2: Análises de calcopirite (valores em wt%) e respectivas distribuições iônicas por unidade de fórmula (Formação C5b)

Lâmina	Formação C5b					
	M-77A-3	M-77A-3	M-77A-3	M-77A-3	M-77A-3	M-77A-3
	b1_cpy	b1_cpy	b3_cpy	b3_cpy	b3_cpy	b3_cpy
	1	2	1	2	3	4
Análise	Microgrãos disseminados em matriz carbonatada					
Local da análise						
Sb	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000
Mn	0.033	0.000	0.064	0.082	0.061	0.078
Fe	29.829	29.605	29.760	29.426	29.675	29.250
S	34.568	34.505	34.202	34.284	33.842	34.015
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.018	0.020	0.013	0.002	0.000
Cu	33.125	32.980	32.930	33.154	32.871	32.661
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
Se	0.000	0.028	0.000	0.006	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000
Co	0.029	0.056	0.021	0.042	0.064	0.030
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.046	0.000	0.000	0.035
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.097	0.063	0.074	0.153	0.089	0.094
Cd	0.003	0.000	0.009	0.000	0.017	0.000
Au	0.281	0.000	0.412	0.101	0.557	0.541
total	97.965	97.255	97.538	97.301	97.182	96.727
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.001	0.000	0.002	0.003	0.002	0.003
Fe	0.991	0.985	0.999	0.985	1.007	0.987
S	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.967	0.965	0.972	0.976	0.980	0.969
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.003	0.002	0.002	0.004	0.003	0.003
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.003	0.000	0.004	0.001	0.005	0.005
total cat	1.965	1.954	1.981	1.971	2.000	1.969
total S	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.5.3: Análises representativas de calcopirite (valores em wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lentícula I – Subgrupo Xisto-Gresoso).

Lâmina	Lentícula I			N=27		
	M-105-4	M-105-4	M-105-4			
	b1_cpy	b3_cpy	b6_cpy			
Análise	3	4	6			
Local da análise	Em grãos anédricos poliminerálicos disseminados			Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.035	0.000	0.000	0.000	0.070	0.000
As	0.000	0.017	0.021	0.000	0.099	0.000
Mn	0.000	0.000	0.007	0.000	0.073	0.000
Fe	29.570	30.670	30.340	23.543	30.738	29.819
S	34.436	34.900	34.644	32.310	35.112	34.436
Ge	0.010	0.000	0.000	0.000	0.027	0.000
Sn	0.000	0.034	0.022	0.000	0.056	0.000
Cu	35.150	33.525	33.965	33.344	41.840	34.344
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.091	0.000
Se	0.022	0.013	0.000	0.000	0.041	0.000
Ag	0.004	0.000	0.025	0.000	0.059	0.009
Co	0.049	0.065	0.065	0.016	0.075	0.047
Ni	0.000	0.006	0.006	0.000	0.052	0.000
Pb	0.000	0.014	0.082	0.000	0.092	0.008
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000
Zn	0.044	0.000	0.006	0.000	0.190	0.044
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.000
Au	0.000	0.624	0.261	0.000	0.624	0.121
total	99.320	99.868	99.444			
Sb	0.001	0.000	0.000			
As	0.000	0.000	0.001			
Mn	0.000	0.000	0.000			
Fe	0.986	1.009	1.005			
S	1.999	2.000	1.999			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.000	0.001	0.000			
Cu	1.030	0.969	0.989			
In	0.000	0.000	0.000			
Se	0.001	0.000	0.000			
Ag	0.000	0.000	0.000			
Co	0.002	0.002	0.002			
Ni	0.000	0.000	0.000			
Pb	0.000	0.000	0.001			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.001	0.000	0.000			
Cd	0.000	0.000	0.000			
Au	0.000	0.006	0.002			
total cat	2.019	1.987	2.001			
total S	2.000	2.000	2.000			

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.5.4: Análises representativas de calcopirite (valores em wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lentícula C1 – *Formação C5b*).

Lentícula C1						
Lâmina	M-102-12	M-102-12	M-105-10			
Referência	b2_cpy	b2_cpy	b1_cpy	N=8		
Análise	3	5	2			
Local da análise	Em fractura de py	Em fractura de py	Relíquia no seio de Bn	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.004	0.000	0.000	0.000	0.065	0.001
As	0.030	0.000	0.017	0.000	0.030	0.000
Mn	0.030	0.000	0.009	0.000	0.034	0.002
Fe	29.077	29.083	30.014	28.394	30.204	29.699
S	33.764	33.741	34.176	33.610	36.430	33.890
Ge	0.000	0.009	0.000	0.000	0.014	0.000
Sn	0.030	0.020	0.000	0.000	0.057	0.001
Cu	34.808	34.781	35.357	32.289	35.485	34.795
In	0.019	0.009	0.000	0.000	0.080	0.021
Se	0.021	0.000	0.002	0.000	0.038	0.017
Ag	0.059	0.051	0.016	0.000	0.059	0.000
Co	0.037	0.086	0.004	0.004	0.086	0.048
Ni	0.027	0.012	0.000	0.000	0.027	0.003
Pb	0.000	0.028	0.024	0.000	0.109	0.026
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.020	0.000	0.084	0.000	0.084	0.031
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000
Au	0.118	0.280	0.283	0.000	0.452	0.199
total	98.044	98.100	99.986			
Sb	0.000	0.000	0.000			
As	0.001	0.000	0.000			
Mn	0.001	0.000	0.000			
Fe	0.989	0.990	1.008			
S	1.999	2.000	2.000			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.000	0.000	0.000			
Cu	1.040	1.040	1.044			
In	0.000	0.000	0.000			
Se	0.001	0.000	0.000			
Ag	0.001	0.001	0.000			
Co	0.001	0.003	0.000			
Ni	0.001	0.000	0.000			
Pb	0.000	0.000	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.001	0.000	0.002			
Cd	0.000	0.000	0.000			
Au	0.001	0.003	0.003			
total cat	2.036	2.038	2.058			
total S	2.000	2.000	2.000			

6.2.2 - Tenantite

O conjunto de análises disponível para tenantite foi adquirido em amostras da Lentícula C2 (LDP M-105-12) e da Lentícula I (LDP M-102-1a e M-105-4). O contexto mineralógico-textural em que a tenantite ocorre é claramente distinto nos dois grupos de amostras:

- Na lentícula C2, a tenantite (agregado de tonalidade cinzenta) envolve (e substitui?) grãos grosseiros idiomórficos euédricos de pirite (aparentemente em equilíbrio, embora também se observem relíquias de pirite), a qual é parcialmente substituída por calcocite (Estampa 5E;
- Em amostras da Lentícula I a tenantite surge invariavelmente sob a forma de grãos anédricos:
 - Integrando agregados ricos em calcopirite e/ou bornite, depois de pirite, com os quais desenvolve intercrescimentos ou interdigitações (Estampa 3B e Fig. 6.18);
 - Associando-se a calcopirite ao longo de fracturas discretas;
 - Convivendo com pirite, tanto grosseira como framboidal, e galena.

O tratamento das análises químicas realizadas em tenantite (Tabelas 6.6.1 a 6.6.4) revelou que o ajuste à estequiometria usualmente admitida para este sulfossal, $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$, apresenta desvios com erros na ordem das centésimas de átomos por unidade de fórmula. Com efeito, todas as análises revelam um acréscimo catiónico nas posições idealmente ocupadas pelo Cu, as quais podem incorporar (até $\frac{1}{4}$ do total de posições, ou seja, 3 átomos) Fe, Zn, Co e Ag, entre outros; verifica-se também que todas as análises evidenciam défice iónico nas posições idealmente ocupadas pelo As (Fig. 6.20), nas quais podem entrar Sb, Bi, Sn e Ge (Ramdohr, 1968). Uma possibilidade de explicação para os resultados obtidos poderá residir na existência de lacunas na posição do As, as quais seriam compensadas por um excesso de carga catiónica de forma a ser mantida a neutralidade eléctrica da estrutura. Esta compensação poderia ser conseguida pela substituição de átomos monovalentes de Cu por divalentes (dos 12 átomos de Cu previstos na estequiometria ideal), de forma a ser mantido o balanço de cargas; ou seja, para que a soma de cargas proporcionadas pelos átomos de Cu seja $14+$, pelo menos 2 destes têm que se encontrar no estado divalente. Não obstante este problema, certo é que o conjunto de análises adquiridas revela diferenças não negligenciáveis não só entre a tenantite observada em amostras da Lentícula C2 e da Lentícula I, como também entre os dois exemplares da última.

Na amostra da Lentícula C2, a tenantite apresenta conteúdos máximos acima da centésima da unidade para o Fe, Co, Pb, Zn, Cd e Au; as distribuições de concentração em Co e o Pb (com máximos de 0.123 e 0.113 wt%, respectivamente) apresentam valores medianos próximos de zero. O Fe tem valor máximo de 0.382 wt% e mediano de 0.139 wt%; o Zn de 5.381 wt% e 4.287 wt%; o Cd de 0.509 wt% e

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

0.186 wt%; e o Au de 0.839 wt% e 0.600 wt%, respectivamente. Destes elementos, apenas o Au não pode entrar na estrutura da tenantite, pelo que as determinações efectuadas suscitam a possibilidade de existirem cripto-partículas daquele metal inclusas na massa de tenantite.

A amostra M-102-1A da Lenticula I apresenta conteúdos máximos dignos de nota em Sb, Fe, Zn, Au, Mn, Ag, Pb e Cd. Contudo, apenas os primeiros quatro elementos (Sb, Fe, Zn e Au) devem ser significativos, porquanto as distribuições de concentração obtidas para o Mn, Ag, Pb e Cd apresentam valores medianos inferiores à centésima de unidade. Os conteúdos máximos em Sb, Fe, Zn e Au cifram-se, respectivamente, em 0.961 wt%, 3.298 wt%, 8.579 wt% e 0.666 wt%; as medianas das correspondentes distribuições tomam os valores 0.115 wt%, 1.798 wt%, 6.481 wt% e 0.542 wt%. Note-se que o valor máximo de Zn diz respeito a uma análise que representa uma micro-inclusão de tenantite em esfalerite, pelo que traduzirá essencialmente a influência exercida por esta última aquando da incidência do feixe de electrões (com diâmetro 5 μm).

A amostra M-105-4 da Lenticula I regista valores máximos acima de 0.100 wt% para o Fe, Co, Pb, Zn e Au. Destes apenas o Pb e o Au apresentam valores medianos inferiores a 0.100 wt%, com máximo de 0.226 e 0.683 wt%, respectivamente. O Fe, Co e Zn registam valores máximos de 4.128 wt%, 0.654 wt% e 1.519 wt%, respectivamente, e medianos de 3.235 wt%, 0.441 wt% e 0.976 wt%, pela mesma ordem. De todos estes valores, os conteúdos em Fe têm de ser interpretados com precaução, dado que, pelo menos em parte, poderão resultar de efeito de matriz por contaminação das análises por parte da calcopirite e bornite adjacentes. Todos eles podem, como supra-referido, entrar na estrutura da tenantite.

Os dados acima indicados revelam:

- Quantidades menores de Sb em espécimes da Lenticula C1 e da LDP M-102-1A da Lenticula I;
- Conteúdos menores de Fe significativamente mais baixos em tenantites da Lenticula C2 do que em tenantites inclusas em ambas as amostras da Lenticula I;
- Valores medianos de Cd acima de 0.100 wt% para as tenantites analisadas em amostras da lenticula C2;
- Valores medianos significativos de Co apenas na amostra M-105-4 da Lenticula I;
- Quantidades traço significativas de Au na Lenticula C2 e na amostra M-102-1A da Lenticula I, com medianas das distribuições de concentração de 0.600 e 0.542 wt%, respectivamente; as análises da amostra M-105-4 da Lenticula I revelam valores negligenciáveis para este elemento;
- Valores de Zn significativamente mais baixos na amostra M-105-4 da Lenticula I do que os verificados na amostra M-102-1A e na Lenticula C2.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

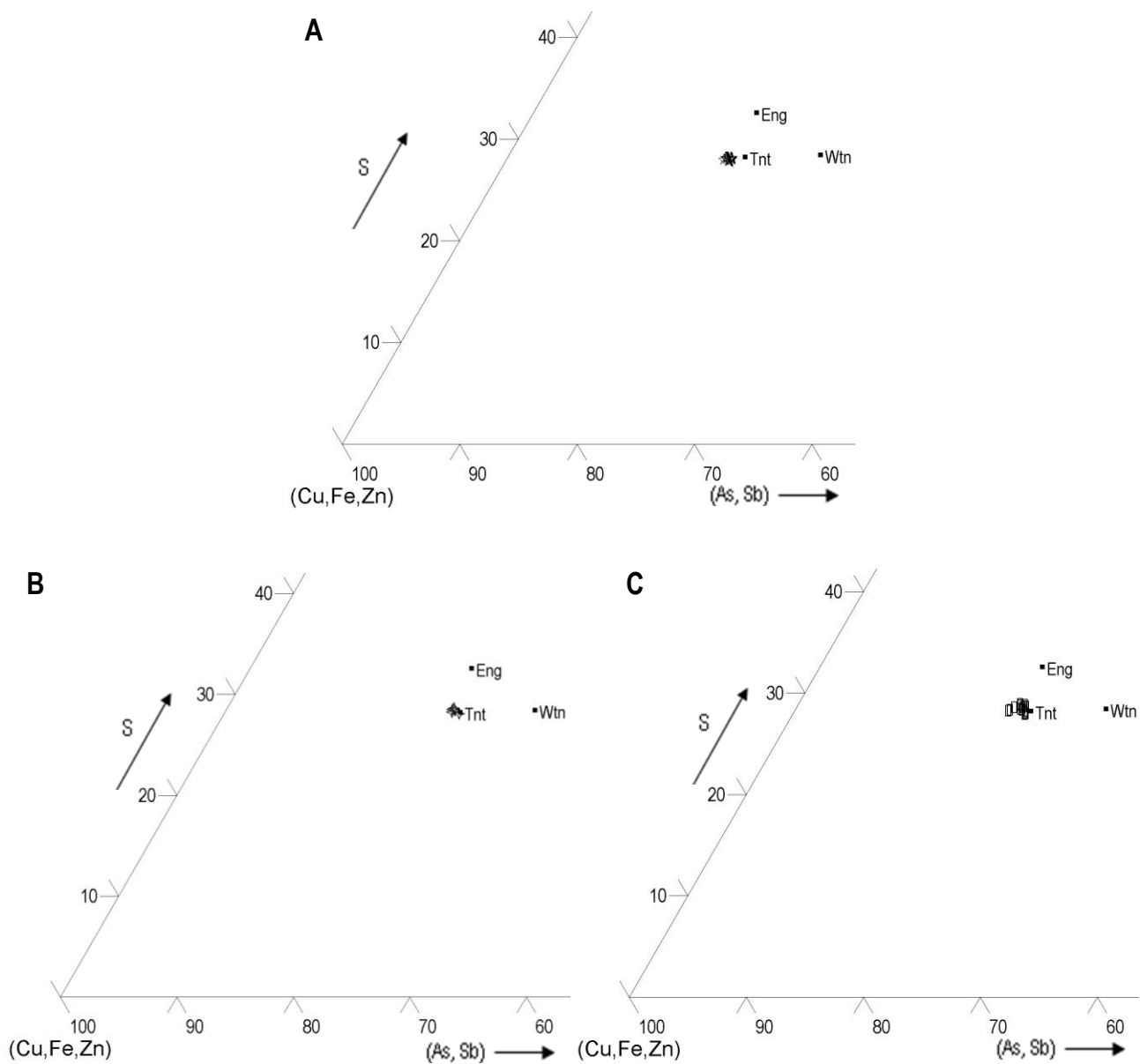


Fig. 6.20A, B e C: Projecção das análises de tentantite obtidas em amostras, respectivamente, da Lenticula C2 (Formação C5b) e LDP M-102-1A e M-105-4 da Lenticula I (Subgrupo Xisto-Gresoso) B, C1 e C2 (Formação C5b) no diagrama ternário (Cu, Fe, Zn)-S-(As, Sb).

Legenda: Tnt – $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$; Eng – Cu_3AsS_4 ; Wtn – $\text{Cu}_4\text{As}_2\text{S}_5$.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.6.1 – Amplitude de variação e valores medianos (wt%) das distribuições de concentração multi-elementar para tenantite.

Total análises

N=30

	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.961	0.020
As	18.242	19.880	19.063
Mn	0.000	0.116	0.001
Fe	0.067	4.128	2.801
S	27.599	28.877	28.131
Ge	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.058	0.000
Cu	40.457	49.017	48.013
In	0.000	0.035	0.000
Se	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.264	0.032
Co	0.000	0.654	0.131
Ni	0.000	0.054	0.000
Pb	0.000	0.226	0.039
Bi	0.000	0.023	0.000
Zn	0.115	8.579	1.516
Cd	0.000	0.509	0.013
Au	0.000	0.839	0.344

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.6.2 – Análises representativas de tenantite (wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (Lentícula C2)

Lentícula C2						
Lâmina	M-105-12					
Referência	b1_calc			N=9		
Análise	1	3	7			
Local da análise	Massa de tonalidade cinzenta a envolver grãos grosseiros euédricos de py			Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.000	0.002	0.035	0.000	0.035	0.000
As	18.515	18.990	18.482	18.392	19.022	18.515
Mn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.025	0.000
Fe	0.229	0.075	0.139	0.067	0.382	0.139
S	27.796	27.599	27.753	27.599	28.049	27.753
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.058	0.000	0.000	0.058	0.000
Cu	48.007	48.118	48.267	46.919	49.017	48.118
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.089	0.071	0.033	0.000	0.091	0.033
Co	0.020	0.016	0.019	0.002	0.123	0.019
Ni	0.000	0.000	0.036	0.000	0.036	0.000
Pb	0.024	0.044	0.014	0.000	0.113	0.044
Bi	0.007	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000
Zn	4.285	4.685	4.287	3.292	5.381	4.287
Cd	0.186	0.125	0.215	0.038	0.509	0.186
Au	0.648	0.425	0.819	0.341	0.839	0.600
total	99.806	100.208	100.100	99.736	100.373	100.100
Sb	0.000	0.000	0.004			
As	3.706	3.828	3.705			
Mn	0.000	0.000	0.000			
Fe	0.061	0.020	0.037			
S	13.000	13.000	13.000			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.000	0.007	0.000			
Cu	11.329	11.437	11.408			
In	0.000	0.000	0.000			
Se	0.000	0.000	0.000			
Ag	0.012	0.010	0.005			
Co	0.005	0.004	0.005			
Ni	0.000	0.000	0.009			
Pb	0.002	0.003	0.001			
Bi	0.001	0.000	0.000			
Zn	0.983	1.082	0.985			
Cd	0.025	0.017	0.029			
Au	0.049	0.033	0.062			
total cat	12.468	12.613	12.542			
total (As, Sb)	3.706	3.828	3.709			
total S	13.000	13.000	13.000			

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.6.3 – Análises de tenantite (wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (M-102-1A - Lenticula I)

Lâmina Referência Análise	Lenticula I				
	b2_izns		M-102-1A		
	1	1	2	4	5
Local da análise	pequena inclusão em sp	fase cinza-esverdeado em grão anédrico disseminado, em contacto com gn e py			
Sb	0.000	0.115	0.148	0.090	0.961
As	19.529	19.308	19.303	19.298	19.040
Mn	0.116	0.113	0.000	0.000	0.027
Fe	3.298	1.789	2.268	1.798	1.242
S	28.217	28.003	28.428	28.411	27.704
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000
Cu	40.457	43.057	43.469	43.349	43.056
In	0.000	0.000	0.000	0.005	0.012
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.264	0.044	0.000	0.055	0.008
Co	0.006	0.000	0.010	0.000	0.016
Ni	0.000	0.000	0.012	0.000	0.049
Pb	0.110	0.034	0.062	0.096	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
Zn	8.579	6.412	6.373	6.481	6.866
Cd	0.063	0.035	0.000	0.045	0.183
Au	0.285	0.542	0.666	0.553	0.000
total	100.924	99.452	100.746	100.181	99.187
Sb	0.000	0.014	0.018	0.011	0.119
As	3.851	3.836	3.778	3.779	3.824
Mn	0.031	0.031	0.000	0.000	0.007
Fe	0.872	0.477	0.596	0.472	0.335
S	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Cu	9.405	10.086	10.030	10.009	10.195
In	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.036	0.006	0.000	0.007	0.001
Co	0.002	0.000	0.002	0.000	0.004
Ni	0.000	0.000	0.003	0.000	0.013
Pb	0.008	0.002	0.004	0.007	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Zn	1.938	1.460	1.429	1.454	1.580
Cd	0.008	0.005	0.000	0.006	0.024
Au	0.021	0.041	0.050	0.041	0.000
total cat	12.322	12.108	12.116	11.997	12.162
total (As, Sb)	3.851	3.850	3.796	3.790	3.943
total S	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.6.4 – Análises de tenantite (wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (M-105-4 - Lenticula I)

Lenticula I						
Lâmina	M-105-4			N=21		
Referência	b1_ten	b3_ten	b6_ten			
Análise	2	5	2			
Local da análise	Fase cinzento-esverdeado em grão anédrico poliminerálico disseminado			Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.045	0.000	0.022	0.000	0.050	0.028
As	19.407	19.387	19.572	18.242	19.880	19.256
Mn	0.000	0.023	0.012	0.000	0.023	0.007
Fe	2.709	2.797	3.373	2.709	4.128	3.235
S	28.466	28.293	28.075	27.722	28.877	28.301
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.005	0.045	0.000	0.000	0.045	0.000
Cu	47.055	48.389	48.082	46.764	48.559	48.051
In	0.029	0.000	0.000	0.000	0.035	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.031	0.007	0.000	0.000	0.062	0.031
Co	0.439	0.442	0.279	0.093	0.654	0.441
Ni	0.001	0.000	0.010	0.000	0.054	0.000
Pb	0.000	0.000	0.027	0.000	0.226	0.021
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	1.591	1.017	0.288	0.115	1.591	0.976
Cd	0.000	0.003	0.000	0.000	0.027	0.000
Au	0.683	0.000	0.000	0.000	0.683	0.053
total	100.461	100.403	99.740			
Sb	0.005	0.000	0.003			
As	3.793	3.812	3.879			
Mn	0.000	0.006	0.003			
Fe	0.710	0.738	0.897			
S	13.000	13.000	13.000			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.001	0.006	0.000			
Cu	10.843	11.219	11.234			
In	0.004	0.000	0.000			
Se	0.000	0.000	0.000			
Ag	0.004	0.001	0.000			
Co	0.109	0.110	0.070			
Ni	0.000	0.000	0.003			
Pb	0.000	0.000	0.002			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.356	0.229	0.065			
Cd	0.000	0.000	0.000			
Au	0.051	0.000	0.000			
total cat	12.079	12.310	12.275			
total (As, Sb)	3.799	3.812	3.881			
total S	13.000	13.000	13.000			

6.2.3 - Enargite

As análises de enargite foram adquiridas na amostra M-105-4 da Lenticula I (Subgrupo Xisto-Gresoso). Este sulfureto integra os agregados irregulares poliminerálicos que se disseminam na matriz da rocha, desenvolvendo intercrescimentos com pirite, calcopirite, bornite e tenantite.

As distribuições iónicas obtidas com base nas análises realizadas (Tabela 6.7.1), revelam desvio sistemático à estequiometria ideal da enargite (Cu_3AsS_4) no mesmo sentido que o atrás referido para a tenantite; i.e., ligeiro excesso de cationes e défice de anións (Fig. 6.21). A possível explicação para este fenómeno é em tudo idêntica à descrita para as tenantites: défice na posição do As compensado por substituição de átomos de Cu monovalentes por divalentes, de forma a que seja mantido o balanço de cargas (atendendo à estequiometria e assumindo o As como trivalente e o S como divalente); idealmente a enargite terá que apresentar 2 átomos de Cu divalentes e um monovalente.

De acordo com os dados analíticos disponíveis este sulfossal de cobre apresenta conteúdos menores de Fe e quantidades traço significativas de Au, atingindo valores máximos de 1.998 wt% e 0.597wt%, respectivamente; as medianas das distribuições de concentração para estes dois metais cifram-se em 0.898 wt% 0.351 wt%, pela mesma ordem. Não obstante o Fe poder substituir o Cu na estrutura da enargite, importa referir que para algumas análises é possível que os conteúdos medidos reflectam a presença de sulfuretos de Fe e/ou Cu-Fe intercrescidos com aquele sulfossal.

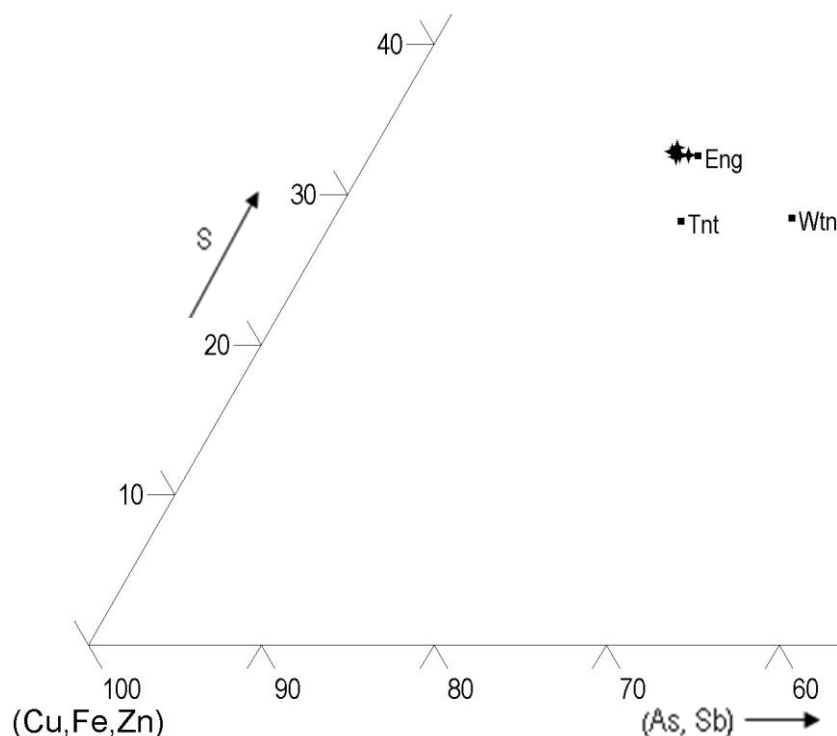


Fig. 6.21: Projeção das análises de enargite obtidas na LDP M-105-4 da Lenticula I (Subgrupo Xisto-Gresoso) no diagrama ternário (Cu, Fe, Zn)-S-(As, Sb).

Legenda: Tnt – $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$; Eng – Cu_3AsS_4 ; Wtn – $\text{Cu}_4\text{As}_2\text{S}_5$.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.7 – Análises de enargite (wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula (M-105-4 - Lenticula I)

Lenticula I						
Lâmina	M-105-4					
Referência	b1_ten	b2_calc				
Análise	4	1	2	3	4	5
Local da análise	Grão anédrico poliminerálico disseminado, com py, cpy, bn e tnt	Grão anédrico poliminerálico disseminado, com py, cpy e bn				
Sb	0.054	0.039	0.021	0.000	0.026	0.022
As	17.490	17.547	17.295	17.742	17.797	18.031
Mn	0.000	0.003	0.000	0.000	0.031	0.000
Fe	1.998	0.682	1.112	1.030	0.766	0.618
S	32.512	33.105	32.688	32.367	32.351	31.848
Ge	0.035	0.084	0.030	0.021	0.048	0.000
Sn	0.000	0.000	0.033	0.000	0.060	0.000
Cu	47.299	48.528	48.218	48.480	48.223	47.154
In	0.060	0.037	0.016	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.035	0.012	0.013	0.000	0.000	0.000
Co	0.027	0.000	0.049	0.009	0.000	0.004
Ni	0.000	0.016	0.000	0.000	0.014	0.000
Pb	0.006	0.074	0.078	0.092	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.001	0.108	0.134	0.000	0.034	0.058
Cd	0.000	0.028	0.052	0.000	0.000	0.038
Au	0.446	0.256	0.251	0.573	0.597	0.000
total	99.963	100.519	99.990	100.314	99.947	97.773
Sb	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
As	0.921	0.907	0.906	0.938	0.942	0.969
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Fe	0.141	0.047	0.078	0.073	0.054	0.045
S	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Ge	0.002	0.004	0.002	0.001	0.003	0.000
Sn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000
Cu	2.936	2.959	2.977	3.023	3.009	2.988
In	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.002	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000
Ni	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Pb	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.006	0.008	0.000	0.002	0.004
Cd	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001
Au	0.009	0.005	0.005	0.012	0.012	0.000
total cat	3.094	3.027	3.079	3.111	3.085	3.038
total (As, Sb)	0.923	0.909	0.906	0.938	0.943	0.970
total S	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

6.2.4 - Galena

As análises de galena foram obtidas na LDP M-102-1A (Lentícula I – Subgrupo Xisto-Gresoso), único exemplar onde este sulfureto foi identificado durante a caracterização petrográfica. Importa sublinhar que a maior parte da galena preenchendo fracturas se encontra muito mal polida, facto que dificulta sobremaneira a sua identificação em microscopia óptica de luz reflectida, tendo sido o recurso à imagem composicional com microsonda electrónica a permitir a sua identificação fidedigna. A galena encontra-se:

- Sob a forma de grãos irregulares selando fracturas discretas, associados a (e com inclusões de) pirite, esfalerite e tenantite e outros sulfossais de Pb-As, Cu-Pb-As e Cu-Bi os quais serão abordados subsequentemente (M-102-1A; Estampa 3C);
- Como coating de fracturas e ao longo do bordo de esfalerite (M-102-1A; Fig. 6.22);
- Preenchendo fracturas inter e intragranulares de pirite grosseira (M-102-1A e M-73B-7; Fig. 6.23).

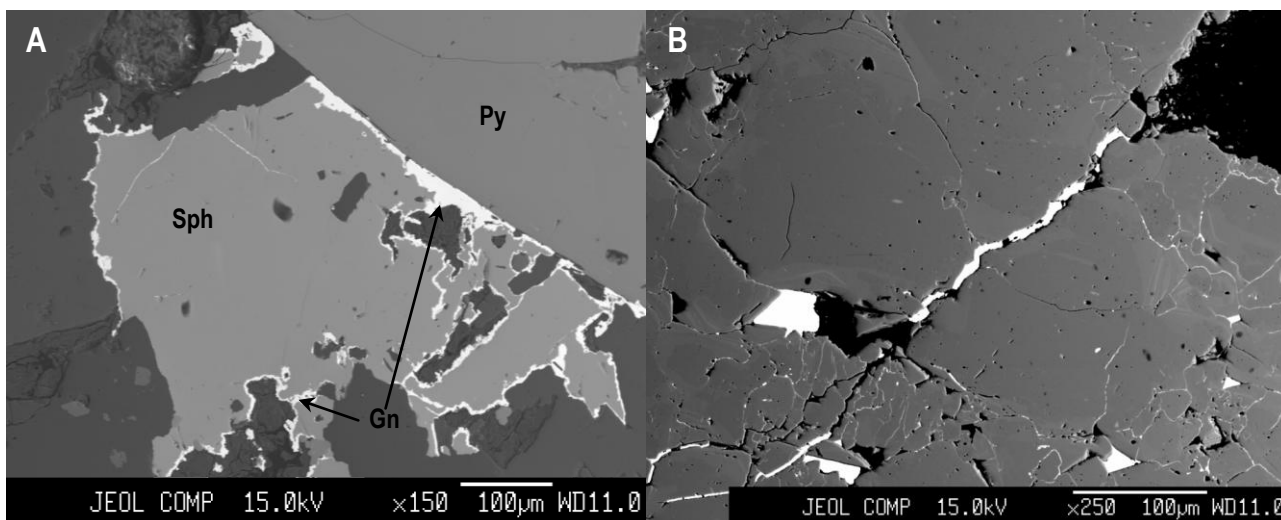


Fig. 6.22: **A** - “Coating” de galena (Gn) ao longo do bordo de esfalerite (Sph); **B** - Galena (fase mais reflectante - branca) selando fracturas inter e intragranulares em pirite grosseira. Imagens de electrões retrodifundidos.

Os resultados analíticos disponíveis revelam composições químicas que se ajustam à estequiometria ideal PbS, com excepção das análises obtidas no coating de uma fractura e numa inclusão em esfalerite, para as quais se obtiveram conteúdos assinaláveis em Fe e Zn (valores máximos de 4.103 wt% e 0.515 wt%, respectivamente). Uma das análises de galena revela teor anómalo (0.408 wt%) em Cu, mas tal deve-se a um efeito de matriz, causado pela tenantite adjacente ao micro-domínio analisado. Note-se que os valores medianos das distribuições de concentração em Fe, Zn e Cu se cifram em 0.035 wt%, 0.018 wt% e 0.011 wt%, respectivamente, tomando a totalidade das análises realizadas.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.8: Análises representativas de galena (wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula; Lenticula I – *Subgrupo Xisto-Gresoso*.

Lâmina	Lenticula I			N=20		
	M-102-1A	M-102-1A	M-102-1A			
	b1_gn	b3_pbs	b3_pbs			
	5	5	6			
Referência						
Análise	5	5	6			
Local da análise	grãos anédricos	selando	fracturas discretas	Mínimo	Máximo	Mediana
Sb	0.004	0.012	0.000	0.000	0.080	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.000
Fe	0.018	0.031	0.000	0.000	0.515	0.035
S	13.089	13.173	13.027	12.967	13.336	13.150
Ge	0.009	0.019	0.042	0.000	0.045	0.004
Sn	0.018	0.000	0.000	0.000	0.092	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.408	0.011
In	0.000	0.011	0.032	0.000	0.032	0.000
Se	0.001	0.000	0.003	0.000	0.069	0.000
Ag	0.008	0.000	0.000	0.000	0.055	0.000
Co	0.019	0.000	0.000	0.000	0.026	0.000
Ni	0.003	0.044	0.001	0.000	0.050	0.001
Pb	86.272	86.848	86.322	83.755	87.655	86.661
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.002	0.000	0.000	0.000	4.103	0.018
Cd	0.000	0.043	0.059	0.000	0.086	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.000
total	99.443	100.181	99.486			
Sb	0.000	0.000	0.000			
As	0.000	0.000	0.000			
Mn	0.000	0.000	0.000			
Fe	0.001	0.001	0.000			
S	1.000	1.000	1.000			
Ge	0.000	0.001	0.001			
Sn	0.000	0.000	0.000			
Cu	0.000	0.000	0.000			
In	0.000	0.000	0.001			
Se	0.000	0.000	0.000			
Ag	0.000	0.000	0.000			
Co	0.001	0.000	0.000			
Ni	0.000	0.002	0.000			
Pb	1.020	1.020	1.025			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.000	0.000	0.000			
Cd	0.000	0.001	0.001			
Au	0.000	0.000	0.000			
total cat	1.023	1.025	1.029			
total S	1.000	1.000	1.000			

6.2.5 - Esfalerite

As análises de esfalerite foram obtidas na LDP M-102-1A (Lentícula I – Subgrupo Xisto-Gresoso) e representam:

- Grãos anédricos disseminados na matriz siliciclástica;
- Grãos inclusos em galena, isolados e com aspecto corroído (Estampa 3C), ou integrando micro-agregados arredondados poliminerálicos (associados a fases sulfuretadas de composição diversa; a tratar subsequentemente);
- Grãos anédricos com coating de galena ao longo do seu bordo e preenchendo microfracturas intergranulares em contacto com pirite maciça e/ou framboidal (Fig. 6.22A).

As análises químicas adquiridas para este sulfureto revelam-se muito próximas à da estequiometria ideal ZnS , muito embora seja possível colocar em evidência conteúdos ocasionais não negligenciáveis numa série de elementos, nomeadamente As, Sb, Mn, Fe, Sn, Cu, Pb, Cd e Au.

O Fe e o Mn apresentam valores máximos de 0.595 e 0.483 wt% e medianos de 0.294 e 0.390 wt%, respectivamente, mostrando uma distribuição bastante consistente para o total das análises. O facto dos elementos em questão poderem substituir o Zn na estrutura da esfalerite, permite explicar de forma plausível os valores registados; justificação análoga pode ser aplicada para o Sn e Cd, não obstante os conteúdos medianos obtidos serem inferiores à centésima da unidade em peso percentual.

No caso do Cu, com valores máximo e mediano de 1.252 e 0.164wt%, respectivamente, importa atender ao contexto mineralógico-textural em que as análises foram realizadas. No caso das análises adquiridas nos grãos anédricos disseminados e inclusos em galena, mas de forma independente, a explicação avançada para o Fe e Mn é também válida para os valores de Cu registados; no caso das análises adquiridas nos corpos arredondados, poliminerálicos, inclusos em galena, os valores registados (nos quais se inclui o valor máximo) deverão resultar de contaminação da análise por parte dos sulfossais com Cu associados à esfalerite nesse contexto.

Os conteúdos máximos em As e o Sb nas esfalerites analisadas cifram-se em 0.587 wt% e 0.142 wt%, respectivamente; dizem respeito aos corpos arredondados referidos anteriormente, pelo que devem reflectir contaminação decorrente dos sulfossais adjacentes. Note-se que para os dois elementos os valores medianos das distribuições de concentração se aproximam de zero.

O Pb apresenta alguns valores claramente elevados, com um máximo de 4.991 wt%, nas análises realizadas em esfalerites inclusas em galena, traduzindo contaminação induzida na análise pela matriz.

Relativamente ao Au, registaram-se conteúdos algo elevados, com valor máximo de 0.901 wt% e mediano de 0.264 wt%. Neste caso, porém, a forte interferência das riscas espectrais relativas ao Zn e Au recomenda que se ignore as medições para este último metal, atribuindo-as a erro analítico.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.9: Análises representativas de esfalerite (wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula; Lenticula I – Subgrupo Xisto-Gresoso

Lâmina Referência Análise	Lenticula I			N=20		
	b1_sph 6	M-102-1a b2_zns 4	b4_sph 2	Mínimo wt%	Máximo wt%	Mediana wt%
	inclusão em galena	grão anédrico disseminado	grão anédrico disseminado			
Sb	0.052	0.000	0.013	0.000	0.142	0.015
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.587	0.000
Mn	0.010	0.420	0.475	0.000	0.483	0.390
Fe	0.085	0.344	0.357	0.028	0.595	0.294
S	33.163	33.153	32.736	31.269	33.260	32.679
Ge	0.000	0.002	0.036	0.000	0.036	0.000
Sn	0.023	0.011	0.017	0.000	0.135	0.019
Cu	0.084	0.000	0.000	0.000	1.252	0.164
In	0.000	0.025	0.000	0.000	0.109	0.000
Se	0.007	0.000	0.000	0.000	0.038	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.010	0.000	0.000	0.000	0.039	0.000
Ni	0.000	0.004	0.000	0.000	0.081	0.000
Pb	0.187	0.000	0.000	0.000	4.991	0.049
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	65.416	64.396	65.273	61.079	65.422	64.459
Cd	0.000	0.093	0.114	0.000	0.165	0.085
Au	0.818	0.824	0.635	0.000	0.901	0.264
total	99.855	99.272	99.656			
Sb	0.000	0.000	0.000			
As	0.000	0.000	0.000			
Mn	0.000	0.007	0.008			
Fe	0.001	0.006	0.006			
S	1.000	1.000	1.000			
Ge	0.000	0.000	0.000			
Sn	0.000	0.000	0.000			
Cu	0.001	0.000	0.000			
In	0.000	0.000	0.000			
Se	0.000	0.000	0.000			
Ag	0.000	0.000	0.000			
Co	0.000	0.000	0.000			
Ni	0.000	0.000	0.000			
Pb	0.001	0.000	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
Zn	0.967	0.953	0.978			
Cd	0.000	0.001	0.001			
Au	0.004	0.004	0.003			
total cat	0.975	0.971	0.997			
total S	1.000	1.000	1.000			

6.2.6 - Sulfuretos de Cu-Co

A presença de sulfuretos de Cu-Co foi reconhecida durante o exame detalhado dos preenchimentos de fracturas intragranulares de pirite grosseira idiomórfica presente na amostra M-105-10 da Lenticula C1 (Fig. 6.23). Trata-se de uma fase mineral escassa e diminuta que se associa à calcocite apresentando conteúdos em Co variáveis entre 18.619 e 23.927 wt% (Tabela 6.10); note-se que nesta mesma amostra existem relíquias de pirite cobaltífera (até 3 wt% de Co). Os totais analíticos obtidos não são os melhores, mas os esforços realizados no sentido de identificar eventuais elementos não analisados em rotina revelaram-se infrutíferos; de referir as dificuldades decorrentes da reduzida dimensão dos grãos, frequentemente abaixo do diâmetro do feixe de electrões.

Não obstante não ter sido possível identificar correctamente esta fase portadora de Co, importa sublinhar que os valores de percentagem em peso obtidos ajustam-se bem a uma distribuição do tipo *MX*, tal como, por exemplo, a da covelite, com o Cu e o Co a ocuparem a posição *M*. O ajuste a uma estequiometria deste tipo revela desvios com um erro inferior a 0.05 átomos por unidade de fórmula, muito embora duas das três análises adquiridas apresentem totais na ordem dos 96 wt%.

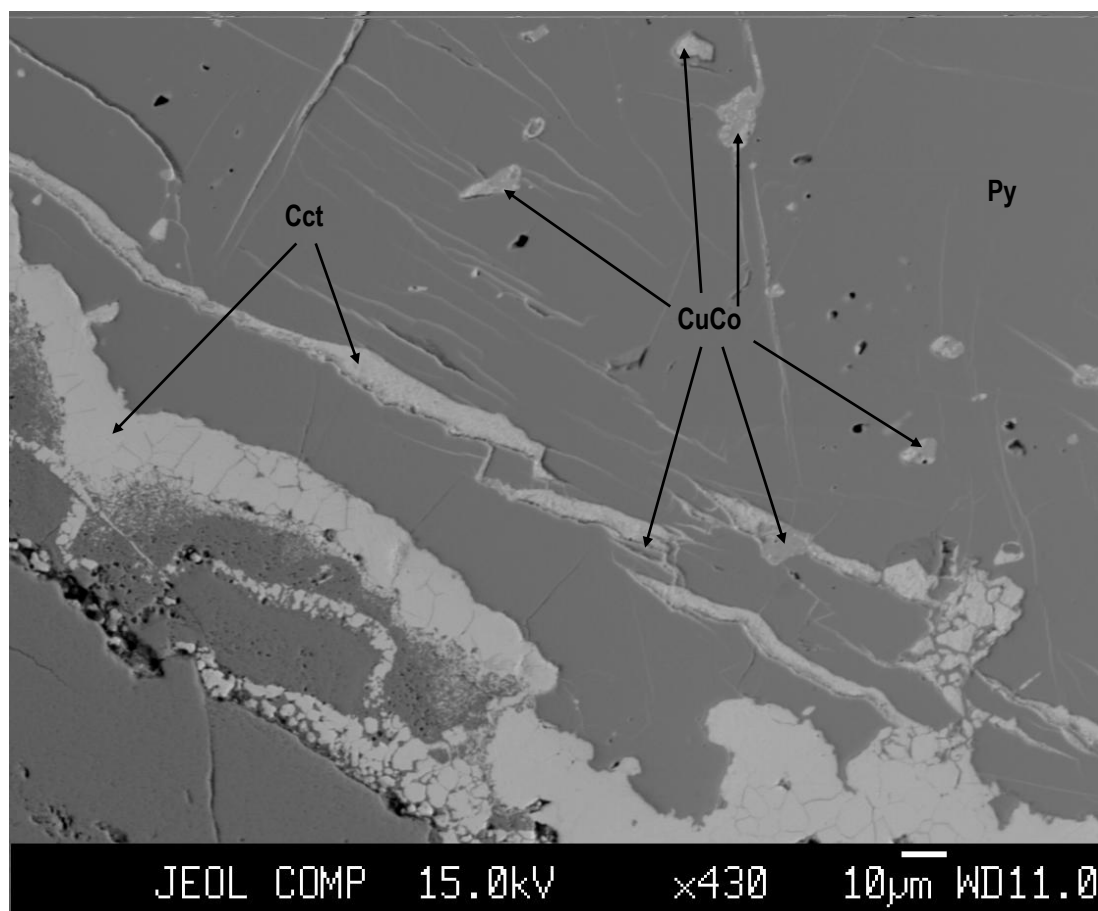


Fig. 6.23: Imagem de electrões retrodifundidos (detalhe da Estampa 4F), ilustrando rede de fracturas intragranulares de grão grosseiro de pirite (Py) preenchidas por calcocite (Cct) e uma fase sulfureta de Cu-Co (CuCo) e, posteriormente, por (hidr)óxidos de Fe.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.10 – Análises de sulfuretos de Cu-Co (wt%) e respectivas distribuições iônicas por unidade de fórmula (M-105-10 - Lenticula C1).

Lâmina Referência Análise	Lenticula C1		
	M-105-10		
	b1_calc2	b1_cuco	
	6	7	1
Local da análise	Fase associada à calcocite em substituição de grão grosseiro de py		
Sb			
As	0.000	0.005	0.007
Mn	0.025	0.000	0.021
Fe	1.629	2.214	1.423
S	34.378	31.828	34.152
Ge	0.000	0.000	0.000
Sn	0.032	0.000	0.057
Cu	38.196	43.393	37.167
In	0.000	0.028	0.037
Se	0.053	0.014	0.001
Ag	0.026	0.015	0.000
Co	23.254	18.619	23.297
Ni	0.163	0.131	0.171
Pb	0.122	0.044	0.000
Bi	0.059	0.056	0.043
Zn	0.018	0.000	0.007
Cd	0.002	0.000	0.054
Au	0.329	0.000	0.000
total	98.286	96.347	96.437
Sb	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000
Fe	0.027	0.040	0.024
S	1.000	1.000	1.000
Ge	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000
Cu	0.561	0.688	0.549
In	0.000	0.000	0.000
Se	0.001	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000
Co	0.368	0.318	0.371
Ni	0.003	0.002	0.003
Pb	0.001	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000
Au	0.002	0.000	0.000
total cat	0.963	1.049	0.949
total S	1.000	1.000	1.000

6.2.7 - Cuprite

As análises de cuprite foram adquiridas na amostra M-102-18 da Lenticula B. Apesar de apenas se terem obtido análises quantitativas neste exemplar, a fase mineral em questão foi também identificada com EDS na amostra M-102-17 pertencente à Lenticula C2, não tendo sido realizadas análises quantitativas nesta última devido à impossibilidade de enquadrar o feixe de electrões apenas nos grãos de cuprite, mercê do seu reduzido tamanho. Esta fase surge:

- No seio de Cu^0 , associando-se a calcocite no domínio de maior oxidação da amostra M-102-17 (Estampa 5D);
- A colmatar fracturas e outros espaços vazios (conjuntamente com carbonatos calcíticos grosseiros - EDS) em minério brechificado de granularidade muito fina, caracterizado por pseudomorfoses completas de (hidr)óxidos de Fe (em parte alguma da amostra se observa a fase mineral primária) e raro Cu^0 , na amostra M-102-18 (Fig. 6.24); tais observações indicam condições de oxidação extrema.

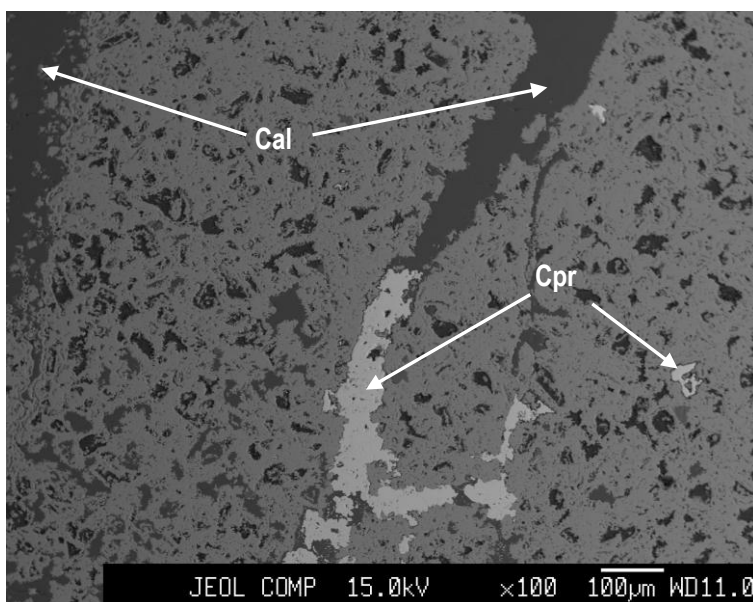


Fig. 6.24: Imagem de electrões retrodifundidos evidenciando a presença e cuprite (Cpr) a selar, juntamente com carbonatos calcíticos grosseiros (Cal), fracturas e outros vazios em minério brechificado constituído por (hidr)óxidos de Fe;

Todas as análises químicas obtidas (Tabela 6.11) apresentam ajuste aceitável à estequiometria da cuprite (Cu_2O). As distribuições de concentração para os elementos analisados apresentam valores medianos superiores a 0.100 wt% para CaO, BaO, SiO_2 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 e Au_2O (mais concretamente 0.129 wt%, 0.197 wt%, 0.695 wt%, 0.140 wt% e 0.168 wt%, pela mesma ordem), traduzindo muito possivelmente a presença de quantidades traço em alguns metais (como o Cr ou o Au), bem como “contaminação analítica” de carbonatos e hidróxidos de ferro adjacentes aos micro-dominios analisados (caso do Ca, Ba, Fe e Si).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.11: Análises representativas de cuprite (wt%) e respectivas distribuições iónicas por unidade de fórmula; Lenticula B – Formação C5b)

Referência Análise Local da análise	Lenticula B (M-102-18)			N=20		
	b1_cup 3	b1_cup 4	b3_cup 2			
	Fase cinzento-azulado a selar, juntamente com carbonatos, fracturas e outros vazios, de minério brechificado em domínio de oxidação extrema			Mínimo wt%	Máximo wt%	Mediana wt%
MnO	0.000	0.039	0.043	0.000	0.060	0.000
Na2O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CaO	0.240	0.271	0.138	0.000	0.271	0.129
BaO	0.181	0.171	0.195	0.115	0.235	0.197
ZnO	0.189	0.093	0.074	0.008	0.189	0.082
Al2O3	0.000	0.002	0.008	0.000	0.021	0.000
SiO2	0.122	0.006	0.067	0.006	0.249	0.042
Fe2O3	0.197	0.546	0.397	0.197	1.883	0.695
CoO	0.053	0.000	0.036	0.000	0.096	0.005
MgO	0.000	0.008	0.000	0.000	0.149	0.001
Cr2O3	0.097	0.114	0.135	0.097	0.197	0.140
V2O3	0.000	0.028	0.018	0.000	0.033	0.017
TiO2	0.030	0.000	0.020	0.000	0.032	0.000
As2O5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SO3	0.005	0.014	0.000	0.000	0.047	0.008
Cu2O	98.936	98.441	99.297	98.223	100.977	99.135
Ag2O	0.005	0.038	0.000	0.000	0.052	0.022
PbO	0.051	0.058	0.000	0.000	0.076	0.024
NiO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000
Bi2O3	0.034	0.000	0.000	0.000	0.103	0.004
K2O	0.000	0.000	0.017	0.000	0.017	0.001
Au2O	0.007	0.233	0.000	0.000	0.565	0.168
Total	100.147	100.062	100.445			
Mn	0.000	0.001	0.001			
Na	0.000	0.000	0.000			
Ca	0.006	0.007	0.003			
Ba	0.002	0.002	0.002			
Zn	0.003	0.002	0.001			
Al	0.000	0.000	0.000			
Si	0.003	0.000	0.002			
Fe	0.003	0.010	0.007			
Co	0.001	0.000	0.001			
Mg	0.000	0.000	0.000			
Cr	0.002	0.002	0.003			
V	0.000	0.001	0.000			
Ti	0.001	0.000	0.000			
As	0.000	0.000	0.000			
S	0.000	0.000	0.000			
Cu	1.957	1.947	1.964			
Ag	0.000	0.000	0.000			
Pb	0.000	0.000	0.000			
Ni	0.000	0.000	0.000			
Bi	0.000	0.000	0.000			
K	0.000	0.000	0.001			
Au	0.000	0.002	0.000			
Total cat	1.978	1.973	1.985			
Total O	1.000	1.000	1.000			

6.2.8 - Fases minerais de Pb-As-S, Cu-Pb-As-S, Cu-As-Bi-S e Cu-Bi-S

As fases minerais de Pb-As-S, Cu-Pb-As-S, Cu-As-Bi-S e Cu-Bi-S encontram-se sistematicamente no seio de galena, formando inclusões arredondadas mono- e poliminerálicas variavelmente preservadas (Fig. 6.25A e B).

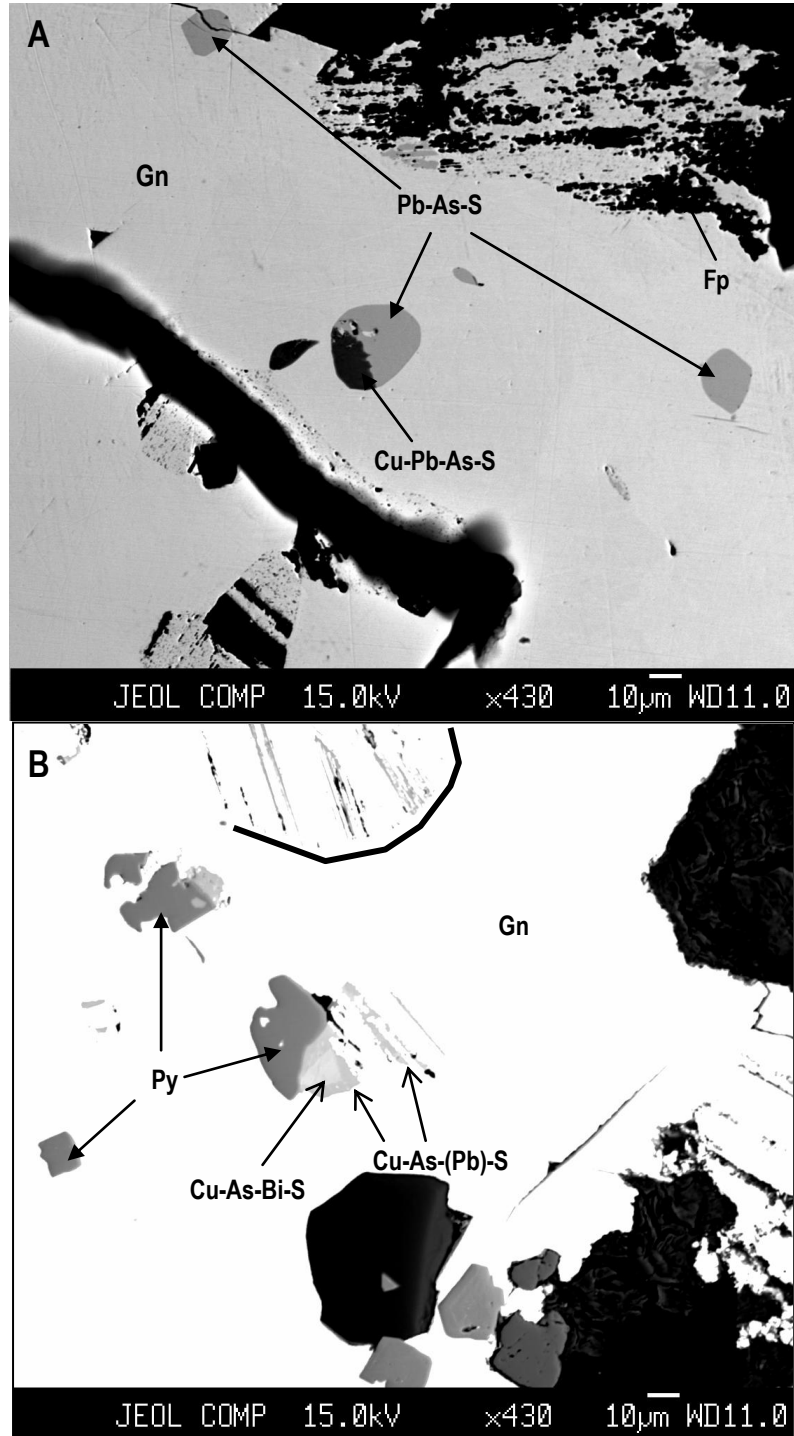


Fig. 6.25: Imagens de electrões retrodifundidos colocando em evidência diversas inclusões de fases minerais de Pb-As-S, Cu-Pb-As-S (A), bem como de Cu-As-Bi-S e de Cu-As-(Pb)-S, por vezes intercrescidas com pirite (Py) (B), ambos os casos no seio de grão de galena (Gn). A linha preta pretende evidenciar o contorno ainda perceptível do grão original, quase na totalidade substituído por galena. Note-se que as diferenças de tonalidade entre as duas imagens devem-se unicamente aos diferentes balanços de contraste/brilho necessários para colocar em evidência as várias fases minerais.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Das 21 análises adquiridas:

- 10 representam fases minerais constituídas essencialmente por Pb-As-S (Tabela 6.12.2);
- 8 correspondem a fases essencialmente constituídas por Cu-Pb-As-S (Tabelas 6.12.3 a 6.12.5), apresentando variações relevantes nas percentagem em peso em que cada um destes elementos ocorre, e conteúdos menores de Cd, Bi e Hg (com valores máximos de 4.559 wt%, 3.241 wt% e 2.285 wt%, respectivamente);
- Duas correspondem a fases de Cu-Bi-S e uma de Cu-As-Bi-S (Tabela 6.12.1).

O facto dos totais analíticos apurados para as fases de Pb, Cu e As serem sistematicamente baixos suscitou a possibilidade de outros elementos estarem presentes. Foram assim realizadas análises qualitativas extensas (Fig. 6.26) que indicaram Hg em algumas análises, tendo este elemento sido adicionado à sequência de análise. Ainda assim, os valores em wt% obtidos para o Hg (máximo de 2.285 wt%) revelaram-se insuficientes para colmatar o défice dos totais analíticos, permanecendo por apurar o motivo pelo qual os totais analíticos se desviam do valor aceitável.

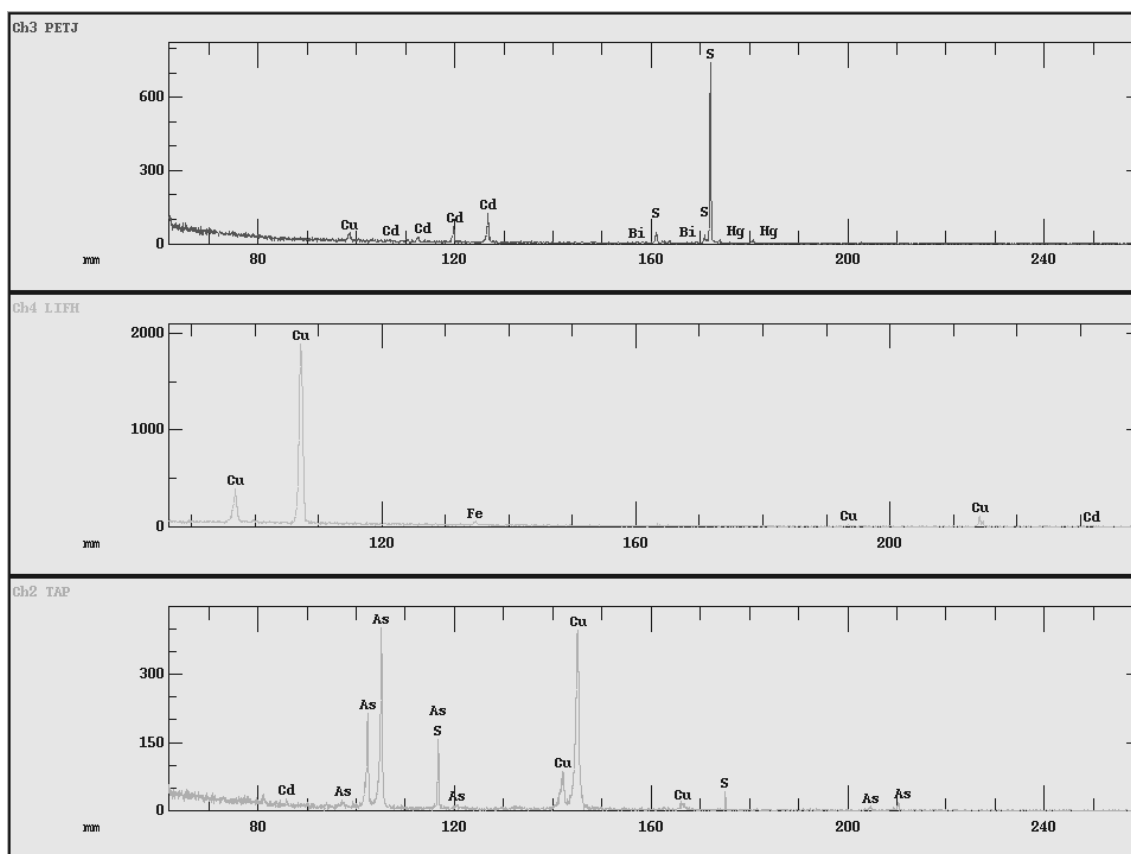


Fig. 6.26: Espectro de análise qualitativa extensa obtida em fase de mineral de Cu-Pb-As-S, com total analítico inferior a 100%.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Nas análises caracterizadas por:

- Cu-As-Bi-S (Tabela 6.12.1), verifica-se que 1) a primeira apresenta ajuste à estequiometria $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$, aproximando-se das tenantites anteriormente tratadas, apesar de incorporar um átomo de Bi na posição do Cu; 2) a segunda e terceira convergem razoavelmente bem no sentido da estequiometria ideal da wittichenite, manifestando ajustes na distribuição iónica abaixo do erro analítico (no primeiro caso) ou com ligeiro excesso de catiões (no segundo caso);
- Pb-As-S (Tabela 6.12.2), muito embora apresentem totais com desvios significativos aos 100% ideais, o ajuste a uma estequiometria do tipo MX_2 , tal como, a da pirite, com o Pb a ocupar a posição *M* e o As, Sb e S ocupando a posição *X*, revela desvios inferiores a 0.05 átomos por unidade de fórmula. Importa ainda assinalar a ausência quase total de elementos menores (e.g. Cd, Bi, Hg) comumente presentes nas restantes análises. Estas fases parecem assim corresponder a um sulfo-arseneto de Pb não identificado;

Para as restantes análises (Tabela 6.12.3) não se encontrou um ajuste aceitável à estequiometria de nenhuma das fases minerais testadas. De forma a tentar encontrar alguma indicação que pudesse revelar-se útil na identificação destas fases minerais projectaram-se as análises disponíveis no diagrama Cu-As-Pb, contabilizando os conteúdos em wt% do Fe e Zn em conjunto com o Cu, os de Sb e Bi com o As e os de Cd e Hg com o Pb. A análise do diagrama obtido (Fig. 6.27) mostra um *trend* (exceptuando uma análise que se desvia significativamente das restantes) que se inicia nas composições mais ricas em Cu e As, “tenantíticas-enargíticas”, no sentido das que incorporam Pb, muito próximas de jordanite-gratonite (sulfossais de Pb-As).

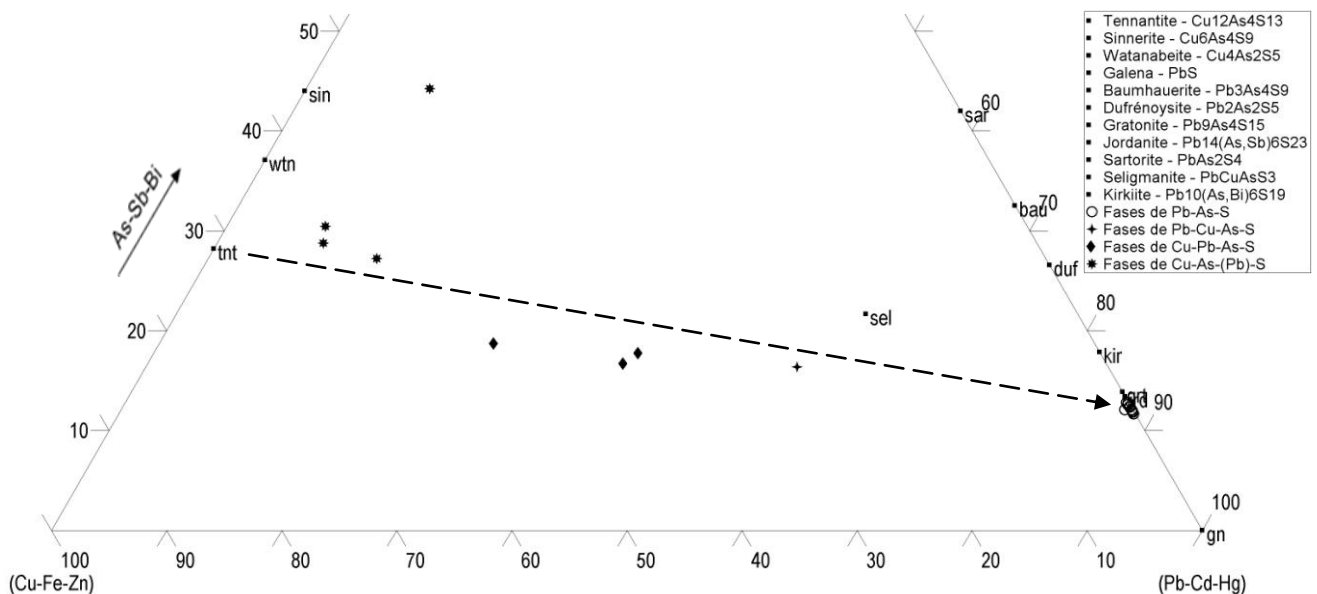


Fig. 6.27: Projeção das 18 análises químicas relativas às fases de Pb, Cu, As e S no diagrama (Cu,Fe,Zn)-(As-Sb-Bi)-(Pb-Cd-Hg).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.12.1: Análises representativas de fases Cu-As-Bi-S e Cu-Bi-S (wt%) incluídas em galena.

Lâmina	Lenticula I		
	M-102-1A		
	b1_incPbS	b3_ipbs	
Referência			
Análise	5	2	5
Sb	0.162	0.002	0.057
As	17.576	0.000	0.000
Mn	0.000	0.046	0.046
Fe	0.42	0.015	0.000
S	24.629	19.409	18.691
Ge	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.010
Cu	40.506	38.450	37.928
In	0.000	0.023	0.000
Se	0.000	0.022	0.018
Ag	0.096	0.080	0.000
Co	0.000	0.000	0.019
Ni	0.010	0.000	0.070
Pb	2.306	0.000	0.942
Bi	13.299	42.161	41.661
Zn	0.090	0.040	0.254
Cd	0.100	0.000	0.000
Au	0.000	0.499	0.357
Hg	0.208	0.499	0.000
total	99.402	101.246	100.053
Sb	0.023	0.000	0.002
As	3.970	0.000	0.000
Mn	0.000	0.004	0.004
Fe	0.127	0.001	0.000
S	13.000	3.000	3.000
Ge	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000
Cu	10.788	2.999	3.072
In	0.000	0.001	0.000
Se	0.000	0.001	0.001
Ag	0.015	0.004	0.000
Co	0.000	0.000	0.002
Ni	0.003	0.000	0.006
Pb	0.188	0.000	0.023
Bi	1.077	1.000	1.026
Zn	0.023	0.003	0.020
Cd	0.015	0.000	0.000
Au	0.000	0.013	0.009
Hg	0.018	0.012	0.000
total cat	12.255	3.038	3.138
total (As,Sb)	3.993	1.000	1.028
total S	13.000	3.000	3.000

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.12.2: Análises de fases minerais de Pb-As-S (wt%) incluídas em galena.

Lâmina Referência Análise Local da análise	Lentícula I									
	M-102-1A									
	b1_incPbS		b1_gn						b3_iPbS	
	2	3	7	6	7	8	9	10	7	8
	Fase cinzenta-intermédio de inclusões subcirculares em galena									
Sb	1.465	1.468	1.423	1.253	1.143	1.501	1.631	1.615	1.144	0.937
As	8.244	8.313	8.430	8.703	8.343	8.134	8.312	8.103	8.592	8.414
Mn	0.035	0.002	0.000	0.000	0.037	0.043	0.000	0.056	0.000	0.000
Fe	0.007	0.002	0.031	0.031	0.077	0.016	0.046	0.021	0.003	0.043
S	17.392	17.644	17.420	17.837	17.648	17.918	17.475	17.620	17.251	17.583
Ge	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.000
Sn	0.001	0.007	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000
Cu	0.006	0.092	0.025	0.000	0.000	0.042	0.033	0.000	0.506	0.017
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.008	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
Co	0.000	0.027	0.000	0.000	0.011	0.000	0.012	0.000	0.000	0.003
Ni	0.000	0.020	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000
Pb	66.399	66.600	68.126	70.138	71.725	70.128	70.594	71.428	70.417	69.733
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.006	0.037	0.063	0.000	0.020	0.021	0.000	0.019	0.029	0.021
Cd	0.000	0.002	0.000	0.043	0.000	0.038	0.004	0.072	0.025	0.048
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.347	0.072	0.000	0.000	0.000	0.095
Hg	0.000	0.038	0.310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
total	93.555	94.252	95.832	98.046	99.355	97.913	98.114	98.934	98.031	96.917
Sb	0.036	0.036	0.035	0.030	0.028	0.036	0.040	0.040	0.028	0.023
As	0.331	0.330	0.337	0.340	0.332	0.319	0.332	0.322	0.346	0.336
Mn	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.003	0.000	0.000
Fe	0.000	0.000	0.002	0.002	0.004	0.001	0.002	0.001	0.000	0.002
S	1.633	1.635	1.628	1.630	1.640	1.644	1.628	1.638	1.625	1.641
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.024	0.001
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Co	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Pb	0.965	0.955	0.985	0.992	1.032	0.996	1.018	1.028	1.027	1.007
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.002	0.003	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Cd	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Hg	0.000	0.001	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
total cat	0.967	0.964	0.991	0.996	1.045	1.004	1.023	1.035	1.055	1.015
total (As,Sb,S)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 6.12.3: Análises de fases minerais de Cu-Pb-As-S (wt%) incluídas em galena.

Lâmina Referência Análise	Lentícula I M-102-1A							
	b1_incPbS				b3_iPbS			
	4	8	9	10	12	1	3	6
Local da análise	Fases de diversos tons de cinzento de inclusões em Gn							
Sb	1.872	1.879	1.908	0.400	0.324	0.733	1.825	2.062
As	10.577	9.805	10.225	17.932	17.831	31.403	15.780	10.807
Mn	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.023	0.011	0.000
Fe	0.044	0.000	1.751	0.467	3.076	0.035	0.026	0.059
S	22.183	20.307	22.480	26.412	27.406	21.583	26.263	23.911
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.000	0.000	0.000
Cu	28.130	19.114	28.431	40.606	39.486	32.670	37.746	32.194
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.384	0.201	0.362	0.038	0.094	0.267	0.166	0.330
Co	0.014	0.007	0.011	0.025	0.000	0.000	0.000	0.016
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	25.413	37.058	25.934	0.946	2.916	6.503	5.038	20.451
Bi	0.000	0.000	0.000	0.967	3.241	0.000	0.162	0.649
Zn	0.057	0.197	0.337	0.517	0.307	0.037	0.186	5.551
Cd	2.670	1.128	2.869	3.943	3.121	1.344	4.559	0.565
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.280	0.308	0.000	0.000
Hg	1.514	2.285	1.233	1.335	0.000	0.000	0.000	0.000
total	92.858	91.981	95.541	93.612	98.122	94.906	91.762	96.595

6.2.9 – Arsenatos

Os arsenatos foram identificados na amostra M-102-9 (Lentícula A) durante o trabalho analítico com microsonda electrónica. Trata-se, com efeito, de uma fase extremamente escassa e diminuta, impossível de distinguir em microscopia óptica, mas colocada em evidência em imagens composicionais de grande resolução, manifestando reflectância análoga à do Cu nativo, no seio da matriz carbonatada (Fig. 6.28A) e desenvolvendo orlas em torno das partículas disseminadas de Cu⁰ (Fig. 6.28B).

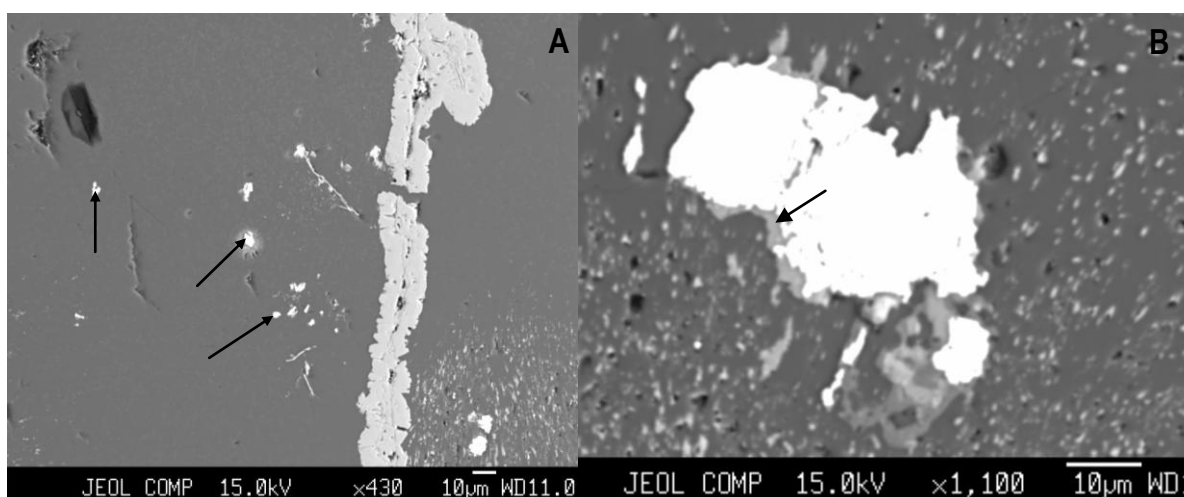


Fig. 6.28: Imagens de electrões retrodifundidos evidenciando a presença de arsenatos (ver setas) no seio da matriz carbonatada (A) e constituindo orlas (ver setas) em torno de Cu nativo (B).

A diminuta dimensão destas fases, inferior ao diâmetro do feixe de electrões, impediu a aquisição de análises quantitativas adequadas à caracterização completa da sua composição; os resultados analíticos obtidos traduzem, inevitavelmente, efeitos de mistura com a matriz envolvente. Regista-se, no entanto, em termos qualitativos que:

- Os arsenatos disseminados na matriz carbonatada (Fig. 6.30) revelam composição dominada por Ca, As e Y e conteúdos menores/traço em Cu, Fe, Si e ETR, nomeadamente Gd (gadolínio), Sm (samário), Nd (neodímio) e Dy (disprósio);
- Os arsenatos constituintes das orlas em torno de Cu⁰ exibem alguma variabilidade composicional; em alguns casos prevalecem composições dominadas por Ca, As, Cu e Mg, acompanhadas por quantidades acessórias de Y e P (Fig. 6.31), aproximando-se de composições do tipo *adelite* [CaMgAsO₄(OH)] e *conichalcite* [CaCuAsO₄(OH)]; noutros casos, os elementos Ca, As, V e Mg prevalecem, surgindo o Cu como menor (Fig. 6.32), assemelhando-se a um arsenato do tipo *adelite-vanadífera*.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

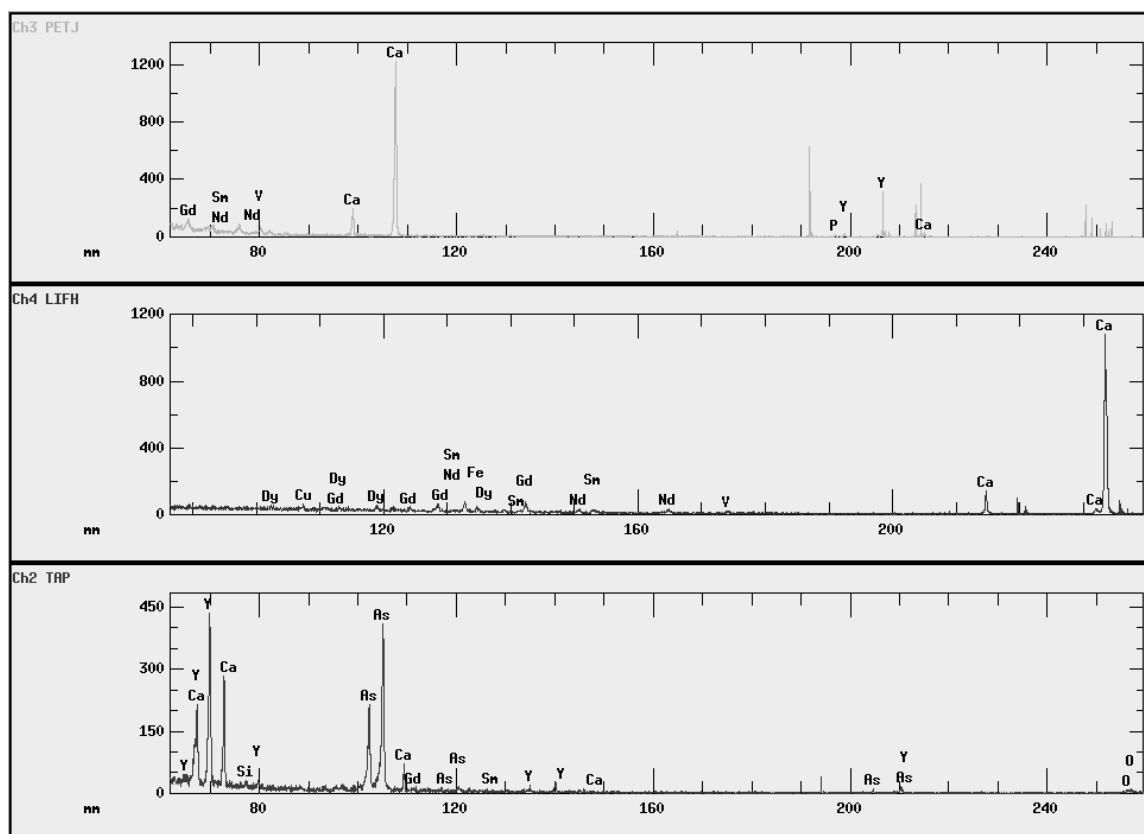


Fig. 6.30: Espectro composicional qualitativo de um arsenato em matriz carbonatada (Lentícula A – Formação C5b)

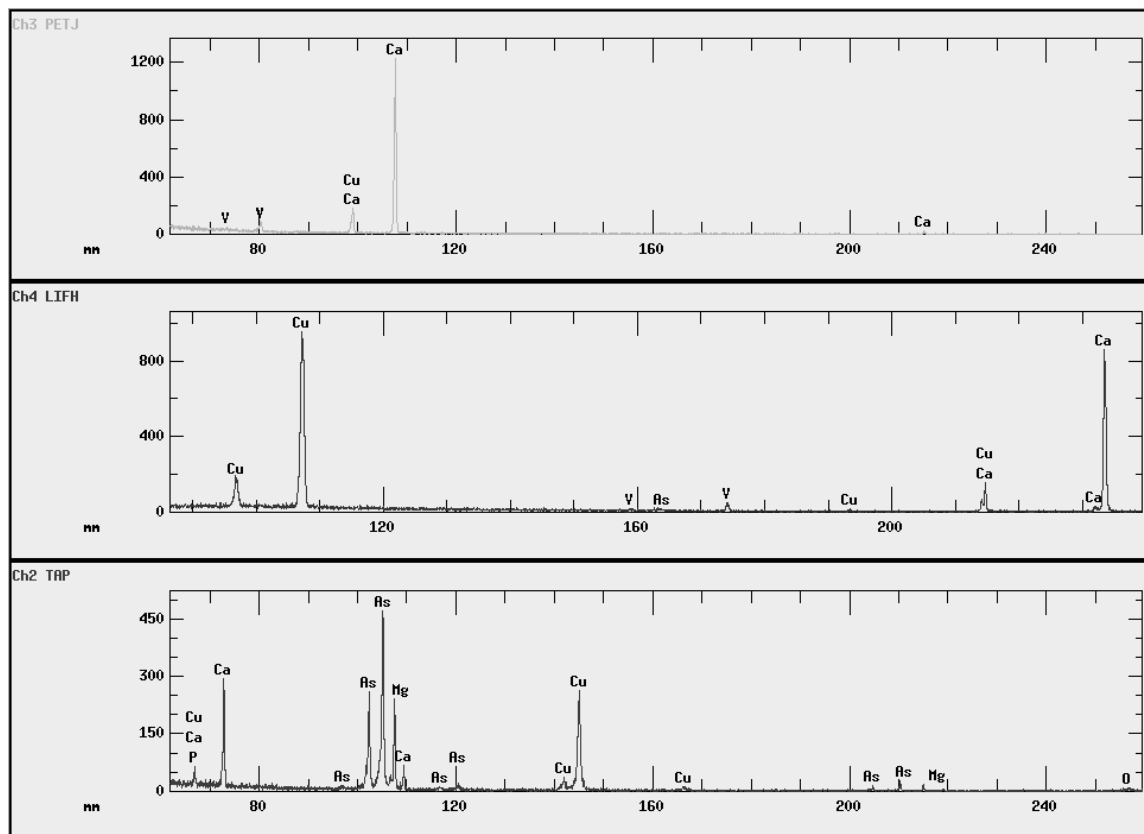


Fig. 6.31: Espectro composicional qualitativo de um arsenato em orla de Cu⁰ (Lentícula A – Formação C5b)

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

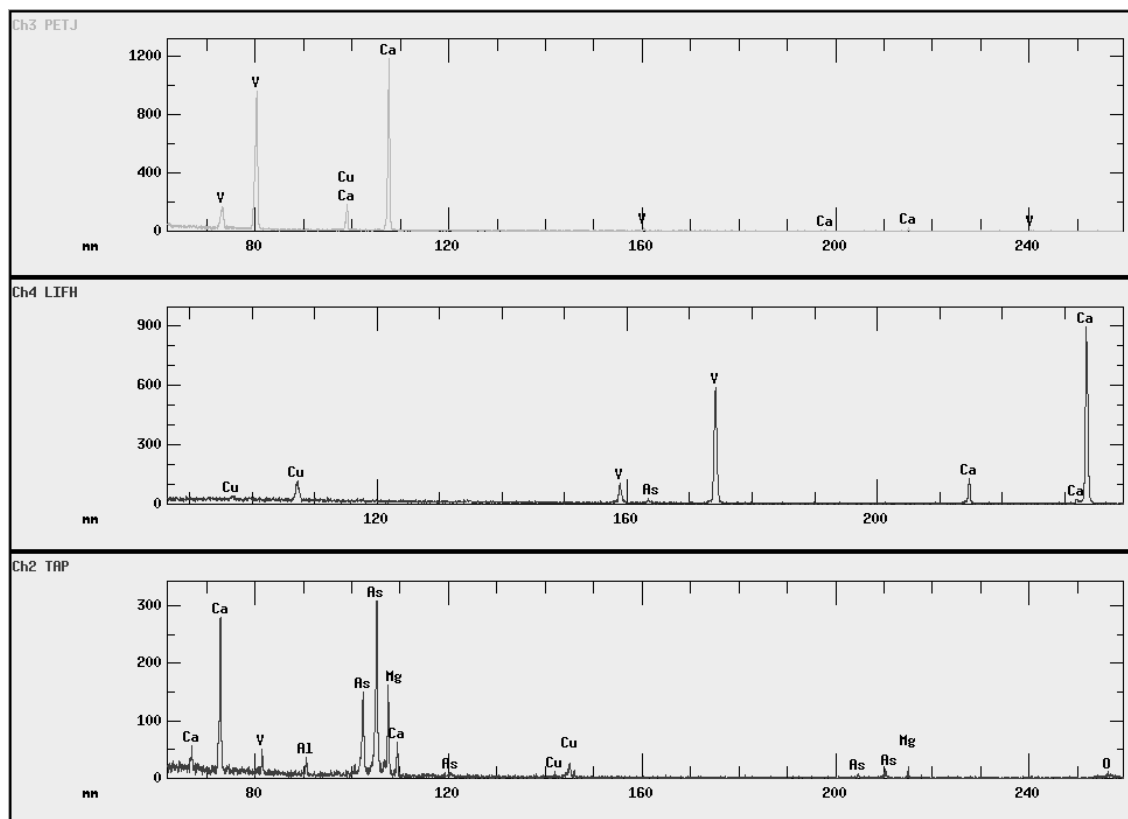


Fig. 6.32: Espectro composicional qualitativo de um arsenato vanadífero em orla de Cu⁰ (Lenticula A – Formação C5b)

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

7 - LITOGEOQUÍMICA MULTI-ELEMENTAR

Neste capítulo pretende-se apresentar os dados obtidos através do estudo de litogeoquímica multi-elementar de 33 amostras seleccionadas com base nas características apresentadas pelas diferentes unidades geológicas e tipologias de minérios intersectados por sondagem, 10 representando o Subgrupo Xisto-Gresoso e 23 a Formação C5b (Subgrupo Xisto-Calcário).

A base de dados em questão representa uma enorme quantidade de informação, a qual se encontra em grande parte dissimulada devido à própria dimensão da matriz de dados e à natureza intrinsecamente ruidosa do sinal geoquímico. De modo a tornar esta limitação recorreu-se a guias exteriores capazes de direccionar a análise/interpretação dos dados analíticos para os aspectos verdadeiramente relevantes. Estes foram: (i) o conhecimento existente sobre o enquadramento geológico das amostras e a sua petrografia detalhada, (ii) as informações decorrentes do estudo de química mineral e (iii) os princípios geoquímicos que condicionam o comportamento dos vários elementos químicos em diferentes ambientes geológicos. A utilização destes guias permitiu uma extracção célere da informação mais importante desejada e a tradução das informações obtidas nos estudos petrográfico e de química mineral para uma linguagem geoquímica global. Contudo, o facto de ser um método dirigido, faz incorrer no risco de se extrair ou precisar preferencialmente informações já adquiridas ou das quais já se suspeita. Para obviar esta limitação construiu-se uma matriz de correlação multi-elementar de forma a proceder à análise de correlações entre as concentrações elementares medidas, procurando revelar a existência de padrões ocultos, que não aqueles já expectáveis a partir do conhecimento existente sobre a composição detalhada das fases minerais presentes, e cuja explicação empírica permitisse interpretar a variância observada e atribuir-lhe uma ou mais causas.

A análise manual da matriz de correlação⁴ demonstrou que a variância da composição química das amostras analisadas é dominada pelo sinal químico derivado da litologia, aparecendo sob a forma de correlações muito elevadas entre os elementos que se incorporam nos carbonatos e correlações algo mais baixas, mas mesmo assim com coeficientes sempre superiores a 0,75, entre os elementos litófilos típicos dos silicatos encontrados nos sedimentos do Subgrupo Xisto-Gresoso. Face a esta situação, os elementos incorporados nos minerais constituintes das mineralizações (grande parte deles incompatível com as estruturas cristalinas dos silicatos), aparecem com correlações significativamente mais fracas e de interpretação dúbia, ainda que conhecida a sua associação nas fases minerais já analisadas na microsonda. Nestas circunstâncias, não foram detectados quaisquer sinais geoquímicos absolutamente inesperados.

⁴ A matriz de correlação foi construída após eliminação de todas as determinações abaixo do limite de detecção do método usado.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

No que respeita aos elementos maiores, salientam-se as distribuições de concentração obtidas para o Fe, S, Cu, CO₂, CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O, TiO₂ e P₂O₅. No caso do Fe e do S reportam-se de forma independente os conteúdos das espécies oxidadas e reduzidas tal como analisadas (no caso do ferro férrico e ferro ferroso após conversão do peso em óxido para metal contido) ou calculadas por diferença entre conteúdos medidos (no caso do enxofre reduzido, determinado pela subtração ao S_{total} do S sob a forma de SO₄). A Tabela I sumariza a informação obtida para aqueles elementos químicos através da estatística descritiva que caracteriza as respectivas distribuições de concentração. A sua leitura deve ter em conta não só a discrepância existente entre o número de exemplares que representa cada unidade lito-estratigráfica, como também o facto do conjunto de amostras relativas ao Subgrupo Xisto-Gresoso apenas ocasionalmente apresentar mineralização significativa o que, necessariamente, conduz à “diluição” dos conteúdos médios e medianos de alguns metais. Não obstante esta dificuldade, o contraste entre as concentrações em CO₂, CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃, Na₂O e K₂O obtidas para os dois grupos de amostras é por demais evidente, denunciando claramente a influência exercida pela natureza litológica de ambas as formações:

- Siliciclástica, no caso do Subgrupo Xisto-Gresoso (conteúdo mediano em SiO₂ de 49.9 wt%), esporadicamente enriquecida em aluminossilicatos (feldspatos s.l. ± micas s.l.) conforme reflectido pelos valores medianos de Al₂O₃, Na₂O e K₂O (11.0, 1.6 e 1.4 wt%, respectivamente);
- Carbonatada, no caso da Formação C5b, tal como indicado pelos conteúdos medianos em CO₂, CaO e MgO (9.5, 11.9 e 0.8 wt%, respectivamente), potencialmente mais elevados se os efeitos decorrentes da mineralização forem tidos em consideração.

Tal não significa que não existam situações composicionais intermédias, reflectindo quer a carbonatação variável experimentada pelas rochas siliciclásticas, quer a silicificação local dos termos carbonatados, tal como registado no estudo petrográfico. Estes casos são no entanto claramente distintos das situações extremas detectadas em ambos os conjuntos, caso das amostras M-105-2, de natureza carbonatada no Subgrupo Xisto-Gresoso, e M-73B-4 e M-102-14, a primeira um meta-arenito quartzoso, representando a segunda minério brechificado de cimento quartzoso, na Formação C5b).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela. 7.1: Distribuição de concentração em wt. % dos elementos maiores nos conjuntos de amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso e da Formação C5b

Elementos maiores (valores em wt%) – Subgrupo Xisto-Gresoso															
	Cu	Fe (ox)	Fe (red)	S (ox)	S (red)	CO2	CaO	MgO	MnO	SiO2	Al2O3	Na2O	K2O	TiO2	P2O5
Média	0.7	6.1	3.9	0.6	8.1	5.9	5.0	3.0	0.1	47.2	8.9	2.7	1.5	0.5	0.1
Erro-padrão	0.3	2.1	0.7	0.2	3.3	4.3	2.8	1.8	0.1	6.9	1.6	0.9	0.3	0.1	0.0
Mediana	0.4	4.1	3.4	0.4	2.8	0.1	0.4	0.7	0.0	49.9	11.0	1.6	1.4	0.6	0.2
Desvio-padrão	0.9	6.8	2.3	0.5	10.4	13.6	9.0	5.5	0.2	21.7	5.0	3.0	0.9	0.3	0.1
Variância da amostra	0.9	45.7	5.1	0.3	108.8	184.4	80.3	30.6	0.1	472.6	25.5	9.0	0.8	0.1	0.0
Curtose	6.1	1.7	-0.3	-1.1	1.3	8.7	5.7	8.3	9.8	1.3	-0.9	-1.3	0.1	-1.5	-1.3
Assimetria	2.4	1.4	0.3	0.6	1.5	2.9	2.3	2.8	3.1	-1.3	-0.6	0.6	0.3	-0.5	-0.1
Mínimo	0.0	0.2	0.6	0.0	0.5	0.0	0.2	0.1	0.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Máximo	3.2	21.3	7.7	1.5	30.7	43.6	28.2	18.3	0.7	67.4	15.1	7.4	3.2	0.9	0.3
Nível de confiança(95,0%)	0.7	4.8	1.6	0.4	7.5	9.7	6.4	4.0	0.2	15.6	3.6	2.1	0.7	0.2	0.1
Elementos maiores (valores em wt%) - Formação C5b															
	Cu	Fe (ox)	Fe (red)	S (ox)	S (red)	CO2	CaO	MgO	MnO	SiO2	Al2O3	Na2O	K2O	TiO2	P2O5
Média	15.2	22.9	6.7	1.6	6.2	17.5	14.9	5.5	0.2	6.2	0.4	0.0	0.1	0.0	0.1
Erro-padrão	4.1	3.4	1.1	0.4	2.5	3.5	2.4	1.6	0.1	2.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Mediana	6.8	19.4	6.1	1.1	0.1	9.5	11.9	0.8	0.1	2.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Desvio-padrão	19.6	16.4	5.2	1.5	12.0	16.8	11.5	7.7	0.3	14.1	0.4	0.0	0.2	0.0	0.1
Variância da amostra	386.1	270.2	26.7	2.2	144.2	281.6	131.6	58.7	0.1	199.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Curtose	5.3	-1.5	-0.8	2.3	1.9	-1.3	-1.6	-0.8	1.1	8.5	2.7	1.2	11.1	9.3	5.4
Assimetria	2.1	-0.1	0.5	1.5	1.8	0.6	0.0	1.0	1.6	3.1	1.8	1.1	3.2	2.9	2.3
Mínimo	0.0	0.9	0.6	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Máximo	82.2	50.0	17.3	5.4	36.2	44.0	30.4	19.4	0.9	52.6	1.5	0.1	0.9	0.1	0.3
Nível de confiança(95,0%)	8.5	7.1	2.3	0.9	5.2	7.3	5.0	3.3	0.1	6.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

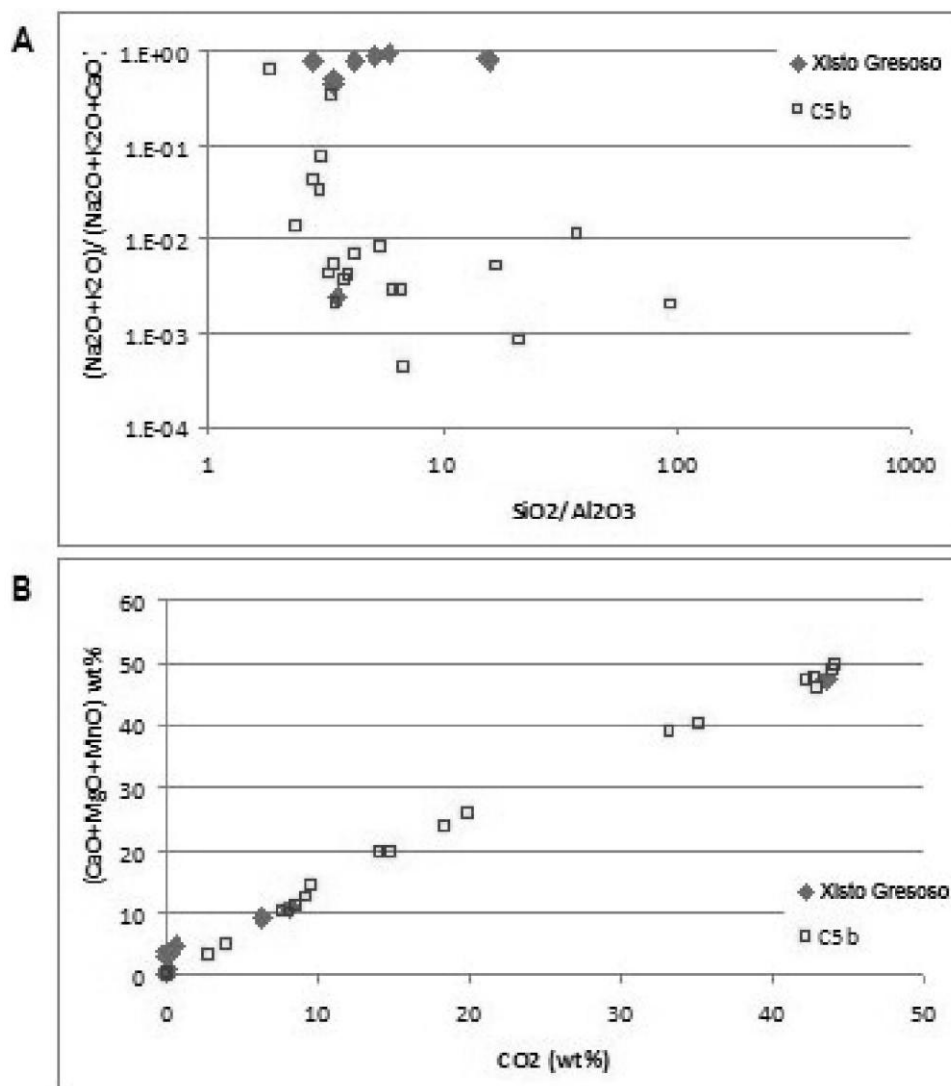


Fig. 7.1: Projecções $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})$ vs $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, separando de forma clara os dois conjuntos de amostras (A), e $(\text{CaO}+\text{MgO}+\text{MnO})$ vs CO_2 (B)

No que respeita ao conteúdo em TiO_2 e P_2O_5 tanto o conjunto de amostras referente ao Subgrupo Xisto-Gresoso como o da Formação C5b apresentam valores irrelevantes, com medianas (respectivamente) de 0.6 e 0.2 wt%, no primeiro caso, e nulas no segundo.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Ambos os conjuntos de amostras apresentam enriquecimentos notórios em S, Fe e Cu, muito embora as correspondentes distribuições de concentração sejam distintas, conforme reflectido pelos parâmetros estatísticos descritivos reportados na Tabela 7.1.

Os conteúdos em S superam sempre os de S_{ox} , estes últimos caracterizados por uma mediana de distribuição de 0.4 wt%, não obstante poderem atingir um máximo de 1.5 wt%; as concentrações em S_{red} variam entre 0.5 e 30.7 wt%, com valores médio e mediano de 8.1 e 2.8 wt%, respectivamente. Na Formação C5b, ainda que se verifique igualmente a relação $S_{red} > S_{ox}$, os conteúdos em S tendem a posicionar-se acima dos observados no Subgrupo Xisto-Gresoso; note-se que a quantidade relativa de S_{ox} tende para valores mais elevados, podendo alcançar 5.4 wt%, apesar de o valor mediano da sua distribuição de concentrações se cifrar em apenas 1.1 wt% (pouco desviado da média, a qual perfaz 1.6 wt%).

De modo geral, concentrações elevadas em S_{red} esboçam co-variações positivas com conteúdos igualmente assinaláveis em Cu e/ou Fe_{red} , denunciando a abundância relativa de fases sulfuretadas ricas nestes dois elementos. O facto das correlações entre estes elementos não serem muito elevadas (embora sejam, efectivamente, sugestivas) dever-se-á à perturbação (por vezes acentuada) induzida pela abundância local elevada de cobre nativo e/ou pelas variações pronunciadas da proporção de combinação entre diferentes fases sulfuretadas primárias e secundárias, especialmente nas amostras da Formação C5b (contribuindo para incrementos significativos dos valores de variância). A tudo isto acresce a predominância relativa e distribuição heterogénea das fases tardias de ferro férrico que, por certo, amplificam os contrastes composicionais entre os dois conjuntos de amostras, fazendo sobressair as concentrações em Cu e Fe_{ox} na Fm. C5b (caracterizadas por valores medianos de 6.8 e 19.4 wt%, respectivamente) em relação às apresentadas pela Subgrupo Xisto Gresoso (com valores medianos de 0.4 e 4.1 wt%, pela mesma ordem). A análise da Fig. 7.2, relativa à projecção da razão $[Cu+Fe_{ox}+S_{ox}]/[Cu+Fe_{red}+S_{red}]$ contra os conteúdos totais em Cu e Fe, expressa graficamente estas interdependências, permitindo ainda destacar a:

- Preponderância total e mutuamente exclusiva de (hidr)óxidos de ferro ou de cobre (nativo) em amostras da Formação. C5b; e a
- Ausência quase total de sinais mineralizantes num exemplar do Subgrupo Xisto-Gresoso;

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

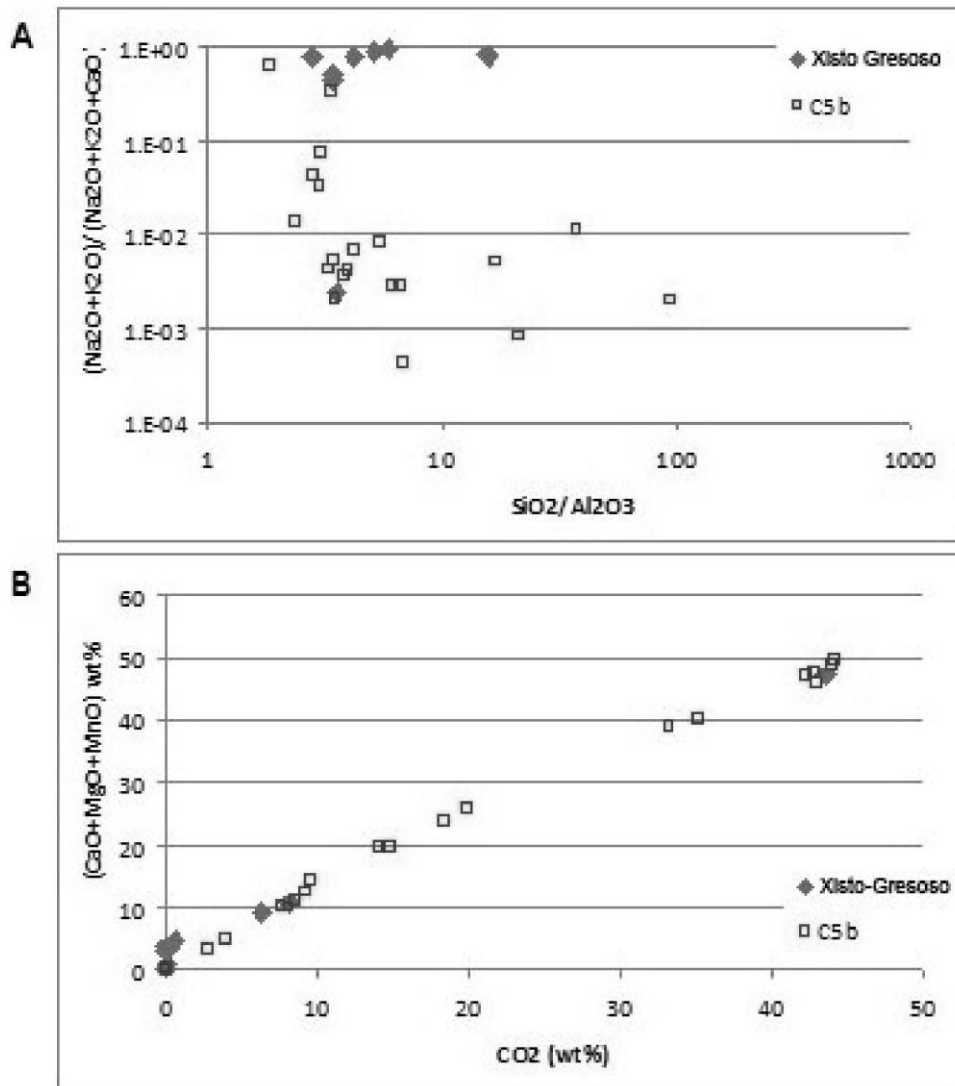


Fig. 7.2: Projecção da razão $[\text{Cu}+\text{Fe}_{\text{ox}}+\text{S}_{\text{ox}}]/[\text{Cu}+\text{Fe}_{\text{red}}+\text{S}_{\text{red}}]$ contra os conteúdos totais em Cu (A) e Fe (B).

No que respeita aos elementos menores e em traço relevantes, as distribuições de concentração obtidas e os correspondentes descritores estatísticos (Tabela 7.2) revelam que a assinatura química global do Subgrupo Xisto-Gresoso e da Formação C5b é preferencialmente influenciada pelos conteúdos em As, Co, Pb, V e Zn (valores médios e medianos da ordem das dezenas/centenas de ppm) que, no caso da última unidade lito-estratigráfica, se fazem acompanhar por concentrações não negligenciáveis de Ag, Bi e Sb. No cortejo dos metais traço são ainda dignos de nota o Cd, Ge e Ga, bem como o Y, Th e U.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela. 7.2: Distribuição de concentração em wt. % dos elementos menores nos conjuntos de amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso e da Formação C5b

Elementos menores e em traço mais relevantes (valores em ppm, exceptuando o Au em ppb) - Formação M'Pioka																
	Au	Ag	As	Cd	Co	Pb	Zn	Sb	Bi	Ga	Ge	V	Y	Th	U	Zr
Média	39.8	2.7	877.3	13.2	161.9	678.0	655.7	13.3	6.5	16.4	1.8	72.9	10.9	10.7	5.7	294.9
Erro-padrão	18.4	1.2	372.3	12.6	49.8	492.1	404.0	4.5	4.8	2.6	0.4	13.5	2.3	2.3	1.4	65.9
Mediana	14.5	1.0	501.0	0.6	103.5	73.5	58.0	6.5	1.3	18.0	1.6	86.5	8.5	9.2	4.8	357.5
Desvio-padrão	58.2	3.9	1177.4	40.0	157.3	1556.1	1277.5	14.4	15.1	8.1	1.3	42.7	7.1	7.3	4.3	208.6
Variância da amostra	3382.2	15.5	1386382.7	1598.8	24755.0	2421386.9	1632384	206.1	228.5	66.0	1.7	1821.9	51.0	53.7	18.3	43493.4
Curtose	1.8	3.6	5.7	10.0	2.2	8.7	3.0	-0.4	9.3	0.2	0.9	-0.8	2.1	0.2	0.3	-1.9
Assimetria	1.6	2.0	2.3	3.2	1.6	2.9	2.0	1.0	3.0	-0.9	0.8	-0.2	1.5	0.7	1.0	-0.3
Mínimo	0.0	0.0	90.0	0.0	32.1	7.0	11	0.4	0.1	0.0	0.0	15.0	3.0	0.8	0.9	4.0
Máximo	170.0	12.2	3930.0	127.0	521.0	5000.0	3640	41.2	49.0	25.0	4.5	143.0	27.0	24.6	14.0	537.0
Nível de confiança(95,0%)	41.6	2.8	842.3	28.6	112.6	1113.2	914.0	10.3	10.8	5.8	0.9	30.5	5.1	5.2	3.1	149.2
Elementos menores e em traço mais relevantes (valores em ppm, exceptuando o Au em ppb) - Formação C5b																
	Au	Ag	As	Cd	Co	Pb	Zn	Sb	Bi	Ga	Ge	V	Y	Th	U	Zr
Média	58.7	36.5	1683.7	3.1	303.6	249.7	333.0	31.4	38.4	4.0	5.0	441.1	13.8	8.3	20.8	33.0
Erro-padrão	16.6	18.0	307.4	1.1	53.3	63.1	87.8	5.3	11.9	0.7	1.2	163.1	2.7	2.7	9.5	22.0
Mediana	45.0	6.8	1550.0	1.1	256.0	143.0	104.0	28.1	15.1	3.0	2.7	146.0	11.0	3.0	10.3	8.0
Desvio-padrão	79.8	86.2	1474.2	5.3	255.5	302.6	421.1	25.2	57.1	3.3	5.6	782.2	13.1	12.7	45.7	105.4
Variância da amostra	6365.5	7437.8	2173171.0	28.0	65262.9	91552.0	177287.1	636.6	3260.2	10.8	31.6	611871.3	171.4	162.5	2086.3	11114.8
Curtose	6.3	14.4	0.7	9.1	1.0	4.2	3.5	-0.9	6.6	0.4	5.9	13.9	1.3	5.1	21.8	22.2
Assimetria	2.4	3.6	1.0	2.9	1.3	2.0	2.0	0.5	2.4	1.0	2.1	3.5	1.1	2.4	4.6	4.7
Intervalo	335.0	393.3	5455.0	22.9	862.5	1240.0	1487	82.2	239.7	12.0	24.6	3644.0	51.0	50.0	226.6	511.0
Mínimo	0.0	0.7	25.0	0.0	24.5	0.0	23	0.5	0.3	0.0	0.0	15.0	0.0	0.1	1.4	2.0
Máximo	335.0	394.0	5480.0	22.9	887.0	1240.0	1510	82.7	240.0	12.0	24.6	3659.0	51.0	50.1	228.0	513.0
Nível de confiança(95,0%)	34.5	37.3	637.5	2.3	110.5	130.8	182.1	10.9	24.7	1.4	2.4	338.3	5.7	5.5	19.8	45.6

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

De forma agregada e tendo em consideração os dados petrográficos e de química mineral, verifica-se que a importância relativa dos conteúdos nos elementos menores e em traço reflecte, na sua essência, a presença das fases sulfuretadas acessórias observadas e analisadas. Tal é particularmente evidente para o As, Pb e Zn que, dependendo da abundância relativa de fases sulfuretadas próprias (enargite+tenantite, galena e esfalerite), tomam valores medianos de 501, 73.5 e 58.0 ppm, respectivamente, no conjunto dos exemplares do Subgrupo Xisto-Gresoso e de 1550, 143 e 143 ppm, pela mesma ordem, no conjunto das amostras da Formação C5b. A leitura dos dados relativos a estes elementos tem de ser feita com especial atenção, visto que a abordagem simples aos valores supra-referidos conduz a resultados aparentemente contraditórios com os resultantes da observação petrográfica e do estudo de química mineral. Neste contexto, importa salientar dois importantes condicionalismos inerentes:

- À amostragem levada a cabo pela Genius Mineira, a qual teve como principal objectivo responder a questões prementes de ordem mineralógica;
- E às limitações impostas pelo equipamento aquando do processo de observação petrográfica, durante a qual não foi possível a identificação em amostras da Formação C5b de tenantite e galena selando fracturas em pirite, no primeiro caso mercê da semelhança das suas propriedades ópticas com as da calcocite (decorrentes da deficiente resolução óptica em grande ampliação proporcionada pelo equipamento utilizado) e, no segundo, devido ao seu carácter criptocristalino, o que torna a galena opticamente irresolúvel. Estas fases minerais foram apenas detectadas posteriormente aquando dos trabalhos de química mineral, os quais decorreram após a selecção e envio para o ActLabs Lda. das amostras para análise geoquímica multi-elementar.

Deste modo, a análise comparada dos valores médio e máximo obtidos para cada um dos elementos assume especial importância, permitindo uma leitura contextualizada dos resultados analíticos disponíveis, uma vez que os valores acima indicados remetem imediatamente para um maior enriquecimento nos três elementos em questão na Formação C5b. Se tal parece de facto confirmar-se no que respeita ao As, com valores médio e máximo também superiores em C5b, a mesma assunção não pode ser tomada para o Pb e o Zn. Ambos os elementos mostram valores médio e máximo para o Subgrupo Xisto-Gresoso superiores aos registados para a Formação C5b (tabela 7.3):

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela. 7.3: Valores mediano, médio e máximo de As, Pb e Zn obtidos para os conjuntos de amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso e C5b

	Xisto-Gresoso			C5b		
	Mediana	Média	Máximo	Mediana	Média	Máximo
As	501.0	877.3	3930.0	1550.0	1683.7	5480.0
Pb	73.5	698.0	>5000	143.0	249.7	1240.0
Zn	58.0	655.7	3640.0	104.0	333.0	1510.0

Note-se a diferença significativa da ordem de grandeza dos valores médio e máximo obtidos para os dois elementos em questão, todavia menor no caso do Zn, provavelmente devido à capacidade manifestada por este elemento em ocupar a posição do Cu na estrutura da tenantite (comportamento comprovado no estudo de química mineral).

Os mais baixos valores medianos em Pb e Zn registados no Subgrupo Xisto Gresoso em relação aos da Formação C5b, poderão ser um artefacto induzido pelo menor grau de mineralização em amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso quando comparado com as da Formação C5b, dado que este parâmetro estatístico é menos sensível a valores extremos (outliers) do que a média, o que poderá tomar importância considerável neste caso. Em suma, quando mineralizado, o Subgrupo Xisto-Gresoso tenderá a revelar maior enriquecimento relativo em Pb (\pm Zn) que a Formação C5b, passando-se o inverso com o As.

O Co e o V são elementos menores importantes, incorporando-se em diferentes fases sulfuretadas principais e acessórias no primeiro caso e, no segundo, (pelo menos) em arsenatos⁵ (identificados por análises qualitativas extensas – ver Capítulo 6). As distribuições de concentração em Co são assimétricas e estendem-se por um intervalo de valores considerável, algo maior para o conjunto de exemplares da Formação C5b (24 a 887 ppm) e com um valor mediano de 256 ppm. O V apresenta valores medianos de 86.5 ppm no subconjunto das amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso e 146.0 ppm na Formação C5b, sendo a distribuição claramente assimétrica neste último, marcado por valores mínimo e máximo de 15.0 e 3659 ppm, respectivamente. Para o Co, é difícil aquilatar até que ponto a diferença encontrada para os dois conjuntos de amostras (expressa no cálculo do valor mediano das respectivas distribuições de concentração) enferma de problema equivalente ao mencionado no parágrafo anterior para o As, visto que fases minerais portadoras de Co também foram identificadas apenas no decorrer do estudo de química mineral. Esta é uma questão que não pode ser ignorada na interpretação dos conteúdos em Bi, Cd e Sb, “estatisticamente” mais significativos em C5b (com valores medianos em torno de 15, 1 e 28 ppm, respectivamente), não obstante as indicações em sentido oposto fornecidas pela observação petrográfica, em particular no que diz respeito ao Bi.

⁵ O facto de o V não ter feito parte do conjunto de elementos analisados quantitativamente no estudo de química mineral impossibilita a identificação de quais as fases que, para além dos arsenatos, serão provavelmente portadoras deste elemento químico.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Os elementos traço Ga e Ge merecem também uma breve nota nesta discussão. Com efeito, valores de concentração com algum significado aparentam confinar-se a exemplares da primeira unidade lito-estratigráfica, atingindo o conteúdo máximo de 25 ppm e revelando uma distribuição em que a mediana (18 ppm) supera ligeiramente a média (16 ppm). Pelo contrário, o Ge adquire maior significado em C5b, e as suas concentrações (podendo chegar a valores de 25 ppm) apresentam uma distribuição com valores médio e mediano próximos de 5 e 3 ppm, respectivamente.

A delimitação de diversas lenticulas mineralizadas por parte da Genius Mineira na área em estudo tornava importante a tentativa de caracterização das mesmas ao nível da distribuição de concentração dos elementos químicos acima referidos, tentando dessa forma identificar potenciais diferenças entre as mesmas a este nível. Na tentativa de o fazer, elaborou-se a Tabela 7.4; contudo, o baixo número de amostras representativo de cada uma das diferentes lenticulas mineralizadas não permite tomar os valores medianos obtidos para cada elemento como inequivocamente representativos das mesmas uma vez que, com excepção das lenticulas C1 e C2 (representadas por 6 e 7 amostras, respectivamente), todas as outras se encontram representadas por apenas 2 a 3 exemplares. Este inconveniente resulta, como já anteriormente referido, do facto de a campanha de amostragem não ter tido como principal propósito este tipo de questões.

Tabela. 7.4: Valores medianos das distribuições de concentração (em wt%, ppm ou ppb, conforme indicado nas tabelas anteriores) considerando apenas os subconjuntos de amostras por lenticula mineralizada

Lenticula Mineralizada	Subgrupo Xisto-Gresoso			Formação C5b			
	I	P	A	C1	C2	B	
	n	2	3	2	6	7	2
Au	139.5	0.5	30.0	30.5	48.0	138.5	68.0
Ag	6.6	1.0	19.3	14.7	6.8	62.6	6.9
As	2378.5	112.0	2130.0	2040.0	1380.0	1775.5	2060.0
Cd	63.8	0.5	3.3	0.3	1.3	1.3	1.5
Co	48.5	334.0	531.5	157.5	213.0	389.5	382.0
Pb	3065.0	45.0	486.5	144.0	123.0	688.5	742.0
Zn	3010.0	26.0	795.0	97.5	365.0	75.5	89.0
Sb	27.7	7.3	61.7	37.0	29.7	39.9	26.7
Bi	5.0	2.0	87.7	16.8	13.0	179.5	119.0
Ga	9.5	21.0	3.5	3.5	2.0	7.5	6.0
Ge	1.6	2.4	7.1	4.1	2.1	18.0	11.4
V	79.0	97.0	747.5	87.5	166.0	404.0	147.0
Cu	0.1	1.2	14.8	19.6	3.9	42.8	3.4
FeO	5.4	6.5	6.2	12.9	7.9	13.3	13.1
Fe2O	15.9	8.4	51.3	18.1	45.4	50.9	54.9
SO4	0.7	3.2	3.3	3.2	0.9	2.9	3.7
Total S	11.3	13.7	11.8	1.0	0.4	19.1	32.7
CO2	0.1	0.6	10.0	11.8	9.2	4.1	0.1
SiO2	56.0	46.1	1.3	2.9	1.5	1.8	1.0
Al2O3	3.6	11.0	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

O carácter pouco fidedigno desta abordagem reflecte-se, por exemplo, na tentativa de caracterização da Lenticula B a qual apresenta valores claramente díspares, tendo como exemplo extremo o Cu, com uma variação de 42.8 para 3.4 wt% quando os valores medianos são calculados, respectivamente com base em duas ou três amostras (por inclusão da amostra M-102-21 que, apesar de se projectar imediatamente abaixo da lenticula B, representa minério maciço pirítico, podendo como tal ser incluída na mesma).

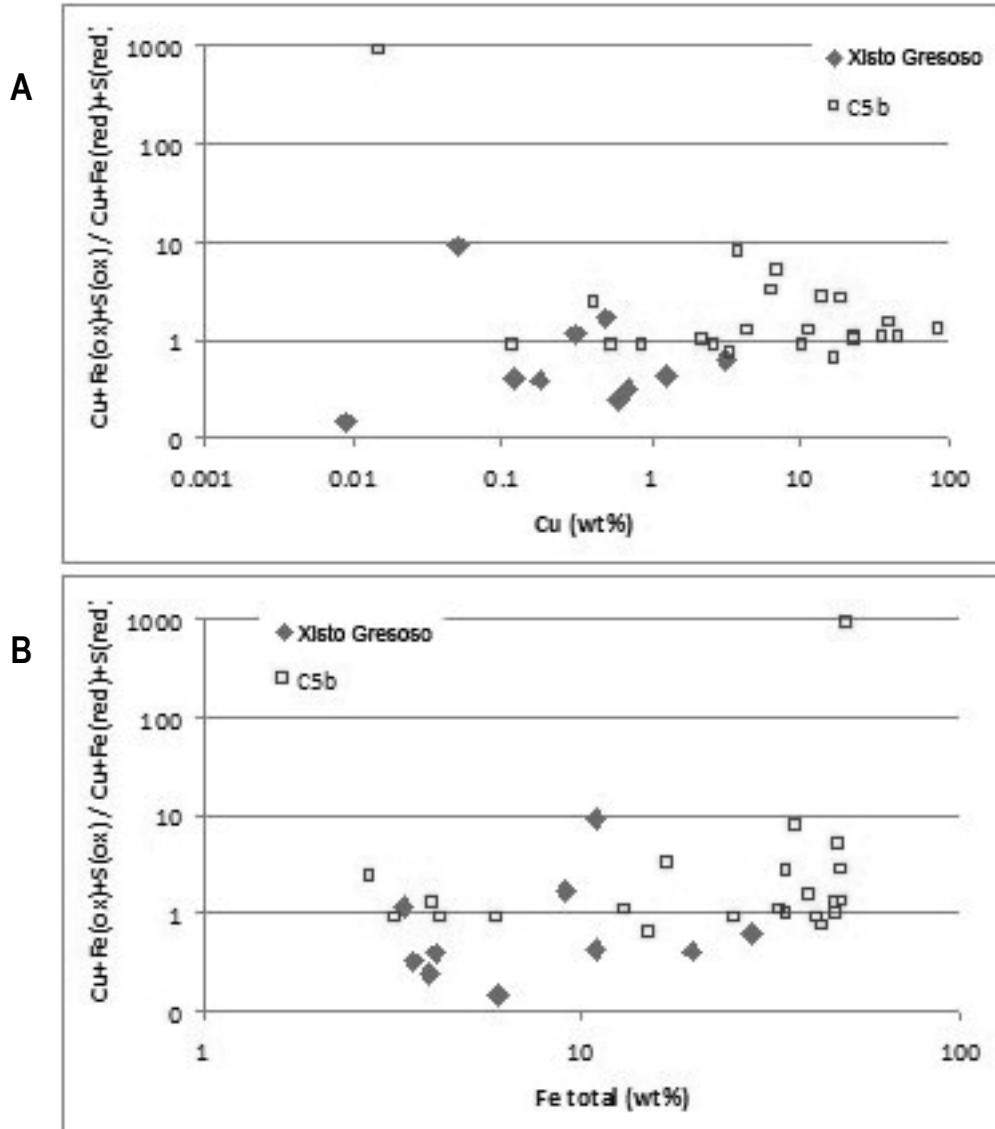
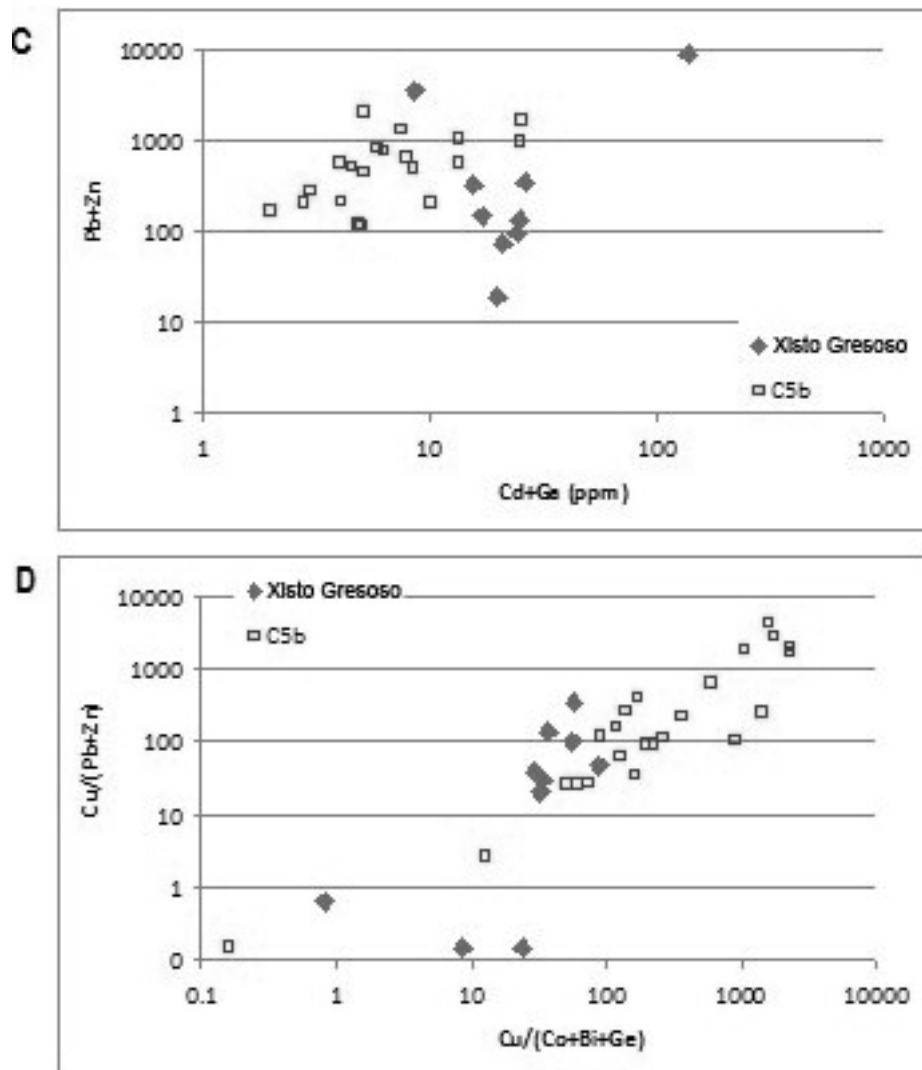


Fig. 7.3A, B, C e D: Projecções das razões $S/(As+Sb)$ e $Cu/(Pb+Zn)$ vs $Cu/(Co+Bi+Ge)$, bem como $S/(As+Sb)$ e $(Pb+Zn)$ vs $(Cd+Ga)$, tendo em conta as afinidades geoquímicas inter-elementos e as informações de química mineral disponíveis; C e D na página seguinte

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)



A leitura das figuras anteriores indica:

- Predomínio de S em relação ao (As+Sb) nas amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso (Fig. 6.3A e B);
- Presença de fases minerais com elementos menores (Co, Bi, Ge, Ga e Cd) claramente mais importante no Subgrupo Xisto-Gresoso do que na Formação C5b (Figs. 7.3A, B e C);
- Cu indiscutivelmente predominante sobre os elementos menores na Formação C5b e (As+Sb) indubitavelmente presentes;
- Correlação evidente e directamente proporcional entre (Pb+Zn) e (Co+Bi+Ge).

Importa ainda apreciar três subgrupos de elementos menores e em traço: por um lado a Ag e o Au, pela sua importância económica potencial; por outro o V, Y, Th, U e Zr.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavio, Maquela do Zombo, Angola)**

A prata, sendo mais expressiva no conjunto de amostras referentes à Formação C5b (variando entre 0.7 e 394 ppm), apresenta distribuições de concentração fortemente assimétricas em que a mediana (≈ 7 ppm) se desvia muito significativamente da média (≈ 37 ppm). Quanto ao Au, as amplitudes de variação obtidas são geralmente na ordem das dezenas de ppb, com valores medianos de 14.5 e 45.0 ppb para o Subgrupo Xisto Gresoso e Formação C5b, respectivamente, podendo ocasionalmente subir até valores em torno de 335 ppb na segunda unidade litostratigráfica.

No que respeita ao Zr, não é de estranhar o facto de as suas concentrações serem bem mais expressivas no conjunto de amostras siliciclásticas do Subgrupo Xisto-Gresoso, onde podem atingir um máximo de 537 ppm, devido à presença ocasional de microgrãos detríticos de zircão, tal como registado nos trabalhos de petrografia. Deste modo, o forte contraste existente entre os valores medianos das distribuições de concentração em Zr obtidos para o Subgrupo Xisto-Gresoso e a Formação C5b (356 ppm e 8 ppm, respectivamente) traduz unicamente uma característica primária dos sedimentos hospedeiros da mineralização. O mesmo não acontece com o U, Th e Y, cujos conteúdos mais elevados se registam em amostras mineralizadas de C5b, com valores máximos de 228, 50.1 e 51 ppm, respectivamente, e medianos de 10.3, 3.0 e 11.0, pela mesma ordem. O Subgrupo Xisto-Gresoso, apesar de os valores máximos serem claramente mais baixos que os registados em C5b, apresenta valores medianos da mesma ordem de grandeza: 4.8, 9.2 e 8.5, respectivamente.

As distribuições de concentração medidas para os Elementos das Terras Raras foram normalizadas em relação aos Condritos (CN), à Crusta Superior (CS) e à Crusta Global (CG), utilizando os valores de referência indicados em Boynton (1984) e Taylor e McLennan (1995). Os gráficos obtidos constam das Fig. 7.4, 7.5, 7.6 e 7.7, agrupando as amostras referentes ao Subgrupo Xisto-Gresoso e à Formação C5b, respectivamente.

Nos exemplares do Subgrupo Xisto-Gresoso (Fig. 7.4), os conteúdos globais em ETR são baixos, posicionando-se entre $1\times$ CN e pouco mais de $100\times$ CN. Os padrões de concentração normalizada revelam forte consistência interna, com fraccionação incipiente e praticamente confinada ao subgrupo dos ETR leves (ETRL), e uma anomalia negativa em Eu variavelmente cavada; registam-se, no entanto, dois desvios ao comportamento geral, materializados pelas amostras M102-2 e M105-2: nesta última, o declive negativo do braço ETRL desaparece, e no exemplar M102-2 a anomalia em Eu é positiva, o que se afigura compatível com a natureza siliciclástica (sub-arcósica, fortemente oxidada) e carbonatada dos dois exemplares.

Em relação à CS, praticamente não existe fraccionação, e os padrões divergentes das amostras M102-2 e M105-2 (que mantêm a anomalia negativa e positiva em Eu, respectivamente, esboçando uma tendência para enriquecimento relativo em ETR pesadas no segundo caso) contrastam fortemente com o traçado aplanado dos padrões representativos das restantes amostras.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Em relação à CG, o comportamento manifestado é, por assim dizer, intermédio entre as duas normalizações precedentes, como seria expectável.

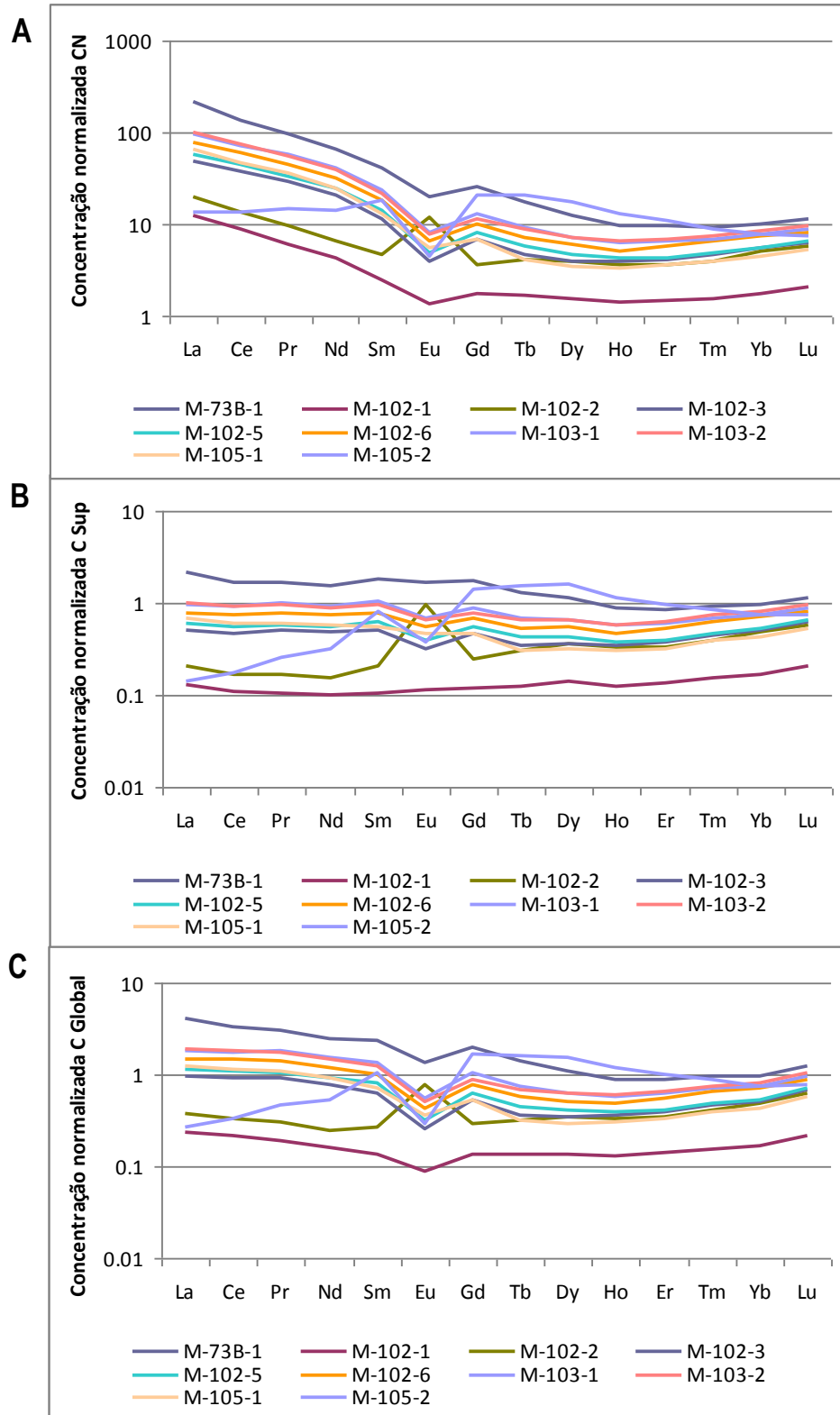


Fig. 7.4: Padrões de concentração normalizada aos Condritos (A), Crusta Superior (B) e Crusta Global (C) para o conjunto de amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

As amostras da Formação C5b (Fig. 7.5 a 7.7) compreendem também conteúdos baixos em ETR e, de acordo com as suas características mineralógico-geoquímicas, podem ser divididas em três subconjuntos principais. No primeiro subconjunto, as concentrações em ETR apresentadas pelas rochas carbonatadas oscilam entre $1 \times \text{CN}$ e $80 \times \text{CN}$. Os valores globais em ETRL sobem ligeiramente quando a componente siliciclástica aumenta (segundo subconjunto), caso representado pela amostra M73B-4, e a normalização dos valores de concentração conduz a padrões praticamente indistintos dos obtidos para o Subgrupo Xisto-Gresoso. Os exemplares M102-14, M105-11 e M105-12 constituintes do terceiro subconjunto, registam, por sua vez, conteúdos globais em ETR significativamente mais baixos, usualmente posicionados no intervalo $0.01 \times \text{CN}$ a $1 \times \text{CN}$.

A normalização dos conteúdos em ETR relativamente ao CN para as rochas do primeiro subconjunto revela, normalmente, padrões aplanados apenas quebrados pela anomalia (pequena mas distinta) em Eu que, no exemplar M102-17, é acompanhada por enriquecimento incipiente em Ce; este último, aparenta relacionar-se com os processos de oxidação registados pelo minério semi-maciço. A excepção maior a este subconjunto de amostras corresponde ao exemplar M105-13 cujo padrão de concentração normalizada denuncia uma anomalia positiva em Eu. Em relação à CS e à CG, verifica-se o desenvolvimento de uma fraccionação variável no subgrupo ETRL, espelhando tendência para um ligeiro enriquecimento relativo em ETRP, apesar de apenas ocasionalmente (e.g. M-102-9) as concentrações normalizadas superarem a unidade.

Quando a componente siliciclástica é relevante (amostra M73B-4) a fraccionação dos ETRL é notória, concorrendo para enriquecimentos assinaláveis em La e Ce, por vezes acompanhados por perdas acentuadas em ETRP. Nestes casos, o comportamento é análogo ao anteriormente descrito para os metassedimentos integrados no Subgrupo Xisto-Gresoso, conforme também denunciado pelos padrões de concentração normalizada em relação à CS e à CG; a este propósito, contudo, convém sublinhar a quebra pronunciada em ETRP registada pela amostra M73B-4, a qual não tem correspondência nos restantes exemplares analisados.

Quanto aos padrões de concentração normalizada obtidos para os exemplares constituintes do terceiro subconjunto, importa salientar o desenvolvimento da anomalia positiva em Ce nas amostras M-102-14 e M-105-11. Adicionalmente, registam-se comportamentos díspares no que respeita ao desenvolvimento de anomalias positivas (M-105-12) ou negativas em Eu (M-102-14 e M-105-11, claramente mais pronunciada na primeira), bem como de fraccionação em ETRP, marcado por enriquecimento na amostra M-105-11 e perda na M-102-14 e M-105-12 (menos pronunciado na primeira). Tal como indicado para outros exemplares, a divergência encontrada no comportamento do Eu prende-se com a existência de condições para fixar ou lixiviar aquele metal o que, sendo condicionado pela abundância relativa de carbonatos, dependerá necessariamente da progressão das reacções que determinam a dissolução-reprecipitação destas fases minerais durante o processo mineralizante. Quanto ao enriquecimento relativo em ETRP, regista-se o facto do mesmo apenas ser detectável no exemplar

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

M105-11, correspondendo a minério maciço predominantemente constituído por pirite e exibindo efeitos de oxidação incipiente.

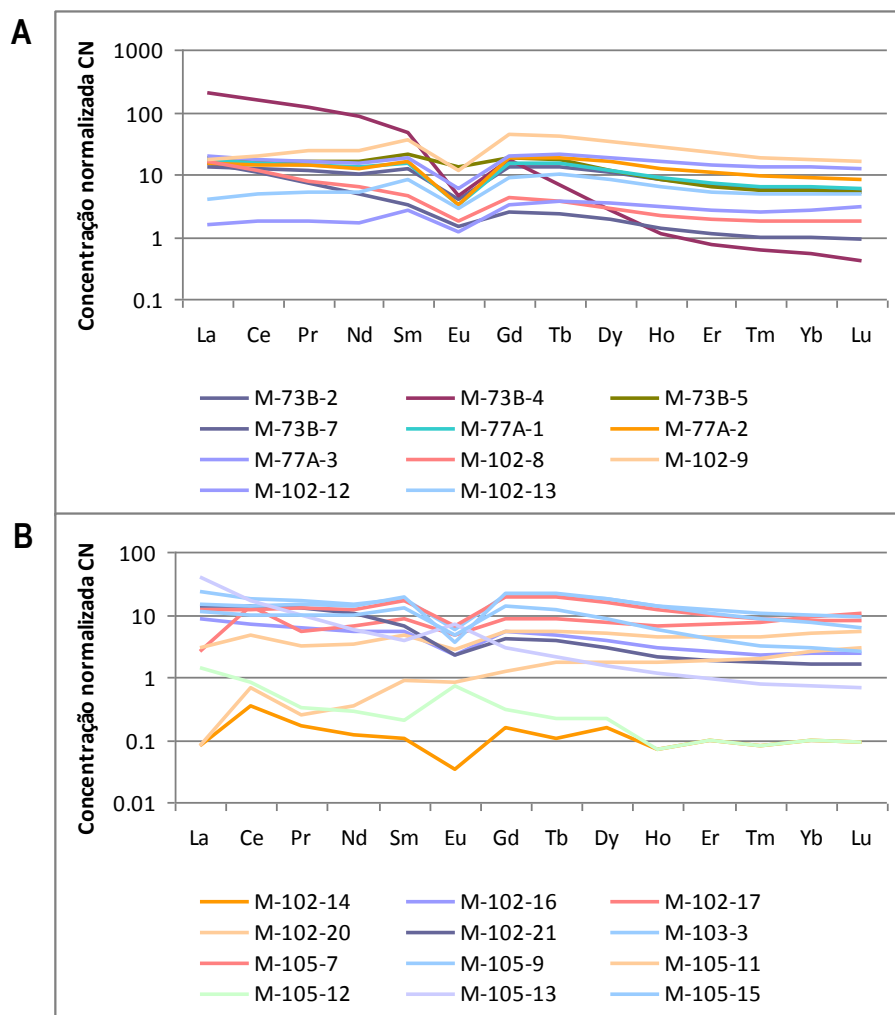


Fig. 7.5A e B: Padrões de concentração normalizada aos Condritos para o conjunto de amostras da Formação C5b.

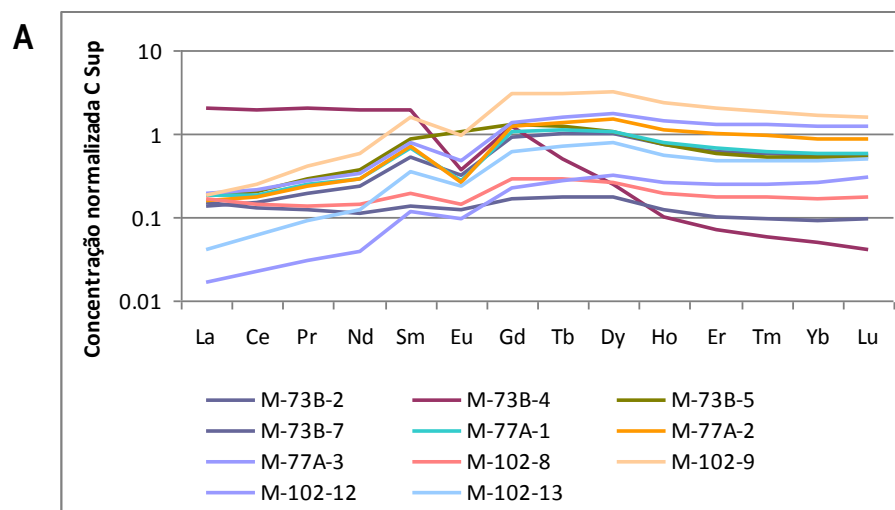


Fig. 7.6A e B: Padrões de concentração normalizada à Crusta Superior para o conjunto de amostras da Formação C5b; B – página seguinte.

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

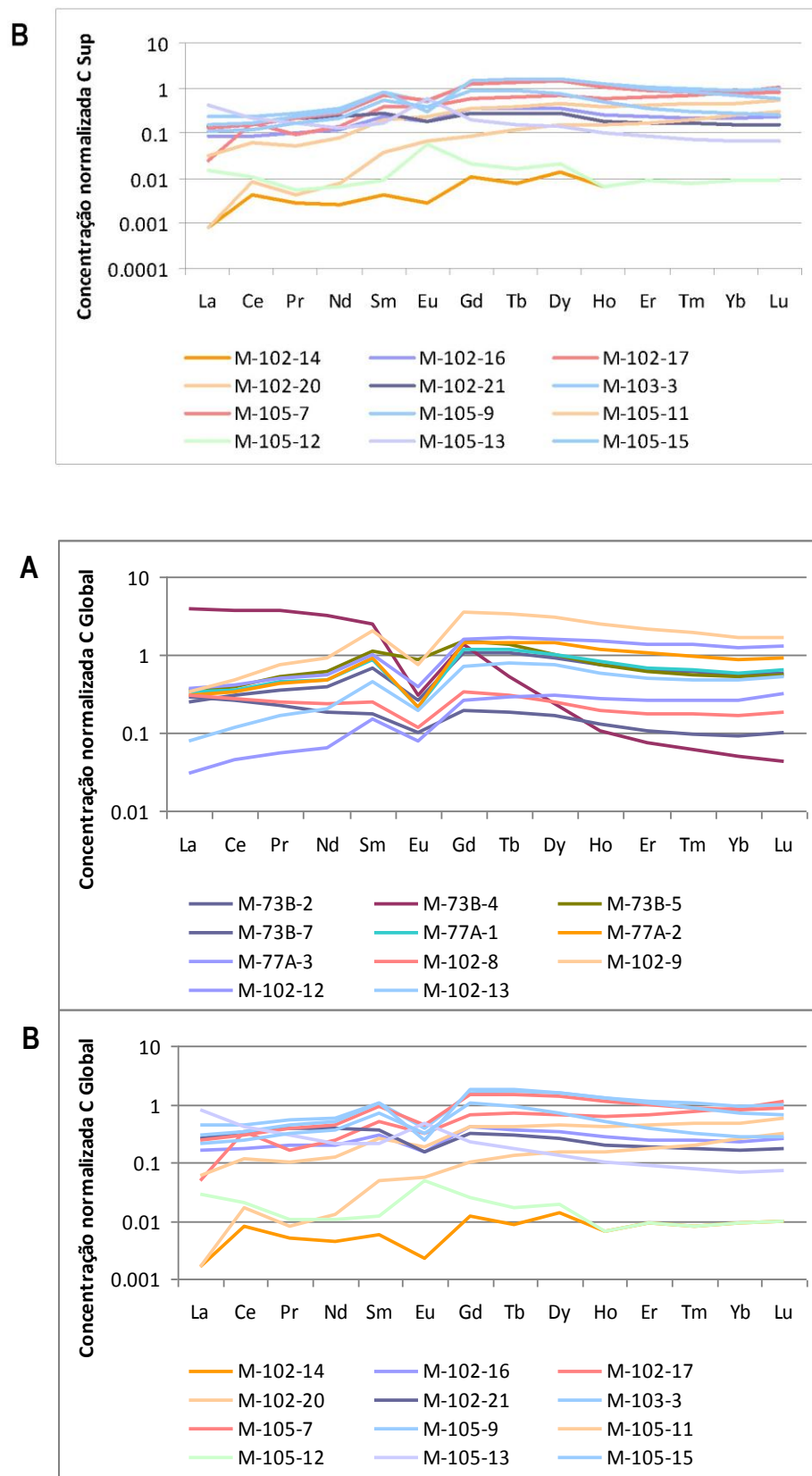


Fig. 7.7: Padrões de concentração normalizada à Crusta Global para o conjunto de amostras da Formação C5b.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Uma nota final quanto à distribuição dos valores de concentração multi-elementar com a profundidade que, considerando a distribuição das amostras analisadas, só pode ser apreciada de forma minimamente satisfatória para o subconjunto referente à sondagem M102 (representada por 14 amostras, entre ≈ 150 e 330 m) e de forma mais esquemática para o subconjunto pertencente à sondagem M105 (8 amostras, entre ≈ 260 e 350 m). Os gráficos patentes nas Figs. 7.8 a 7.12 ilustram de forma simples essas mesmas distribuições.

Tal como referido anteriormente, as distribuições dos conteúdos em SiO_2 e em Al_2O_3 (Fig. 7.8A) permitem separar de forma clara as duas unidades lito-estratigráficas em estudo, muito embora a silicificação localmente intensa e a intercalação de domínios detríticos siliciclásticos registados por certos exemplares da Formação C5b conduza a enriquecimentos notórios no primeiro óxido. O comportamento conjunto do CO_2 , CaO e MgO (Fig. 7.8B), pelo contrário, expressa cabalmente a presença de carbonatos, através da sua forte co-variação nas rochas constituintes da segunda unidade lito-estratigráfica.

A oscilação pronunciada dos valores de concentração em Cu, Fe_{Total} e S_{Total} (Figs. 7.9A e B) em função da profundidade só pode ser correctamente interpretada quando os conteúdos dos dois últimos elementos são desdobrados nas correspondentes espécies oxidadas e reduzidas (Figs 7.10A e B). Verifica-se assim que, ao longo dos perfis de amostragem, o ferro férrico prepondera sobre o ferro ferroso e que o enxofre reduzido prevalece sobre o oxidado. Esta variação afigura-se coerente com as observações petrográficas, as quais, para além de mostrarem a irrelevância geral dos sulfatos, documentam igualmente a importância das fases sulfuretadas nos vários tipos de mineralização, quer sob a forma de pirite, quer sob a forma de covelite. O incremento do estado de oxidação demonstrado por várias amostras, sobretudo na Formação C5b, conduz à formação de sulfuretos secundários de Cu e à precipitação de óxidos e hidróxidos de Fe, sendo necessária uma oxidação anormalmente intensa no contexto dos horizontes mineralizados amostrados para se verificar a separação total entre o Cu e o S e induzir a formação de uma mineralização maciça em que a fase cuprífera dominante é Cu^0 . Estes comportamentos diferenciais do Cu, Fe e S face à oxidação tardia estão bem expressos pelos desfasamentos em profundidade dos picos correspondentes a cada um dos elementos.

No que respeita aos elementos menores e em traço (Figs 7.11 e 7.12), a sua disposição relativa às várias profundidades vai ao encontro das informações acima referidas a propósito da análise estatística deste banco de dados de litogeoquímica multi-elementar.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

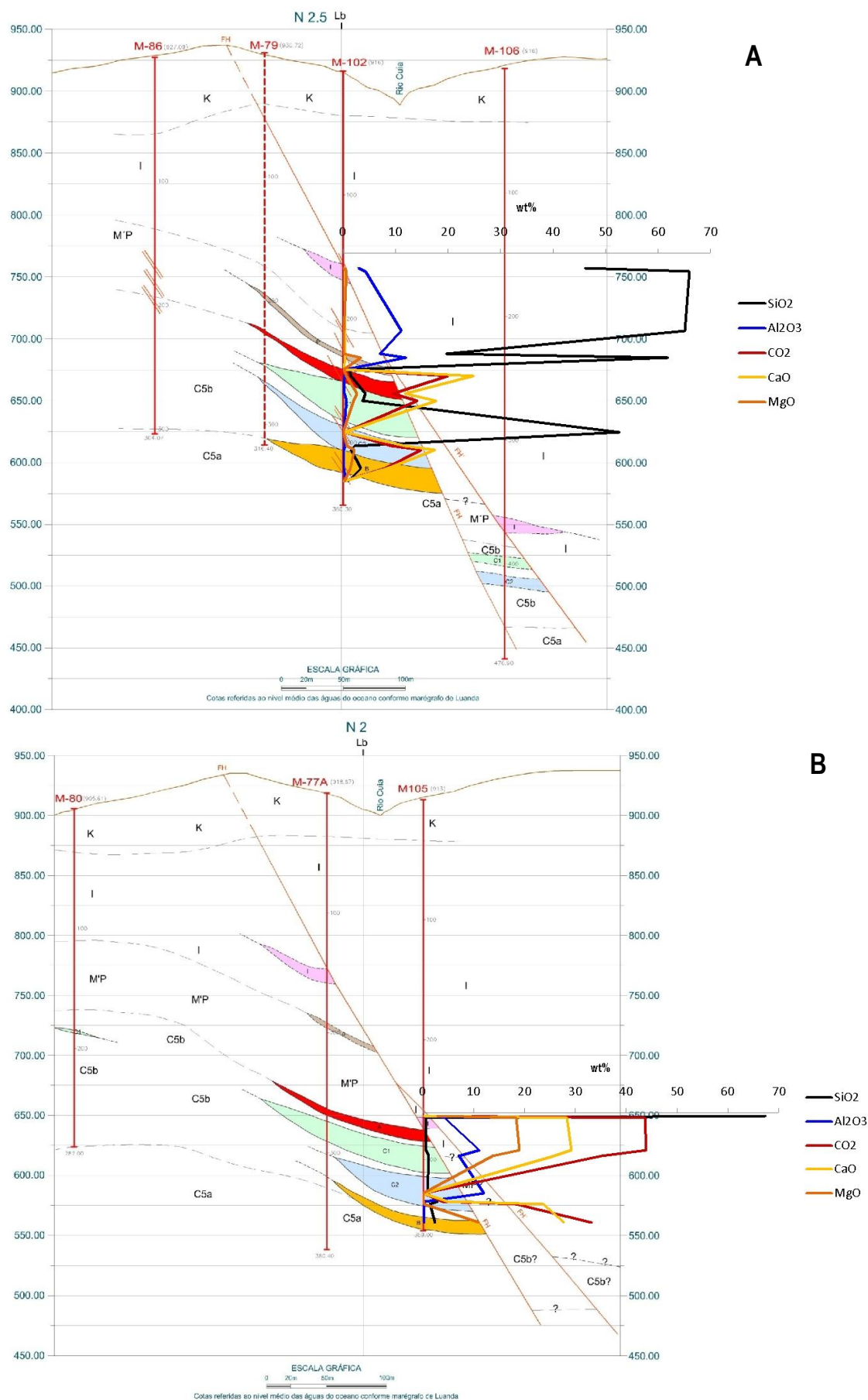
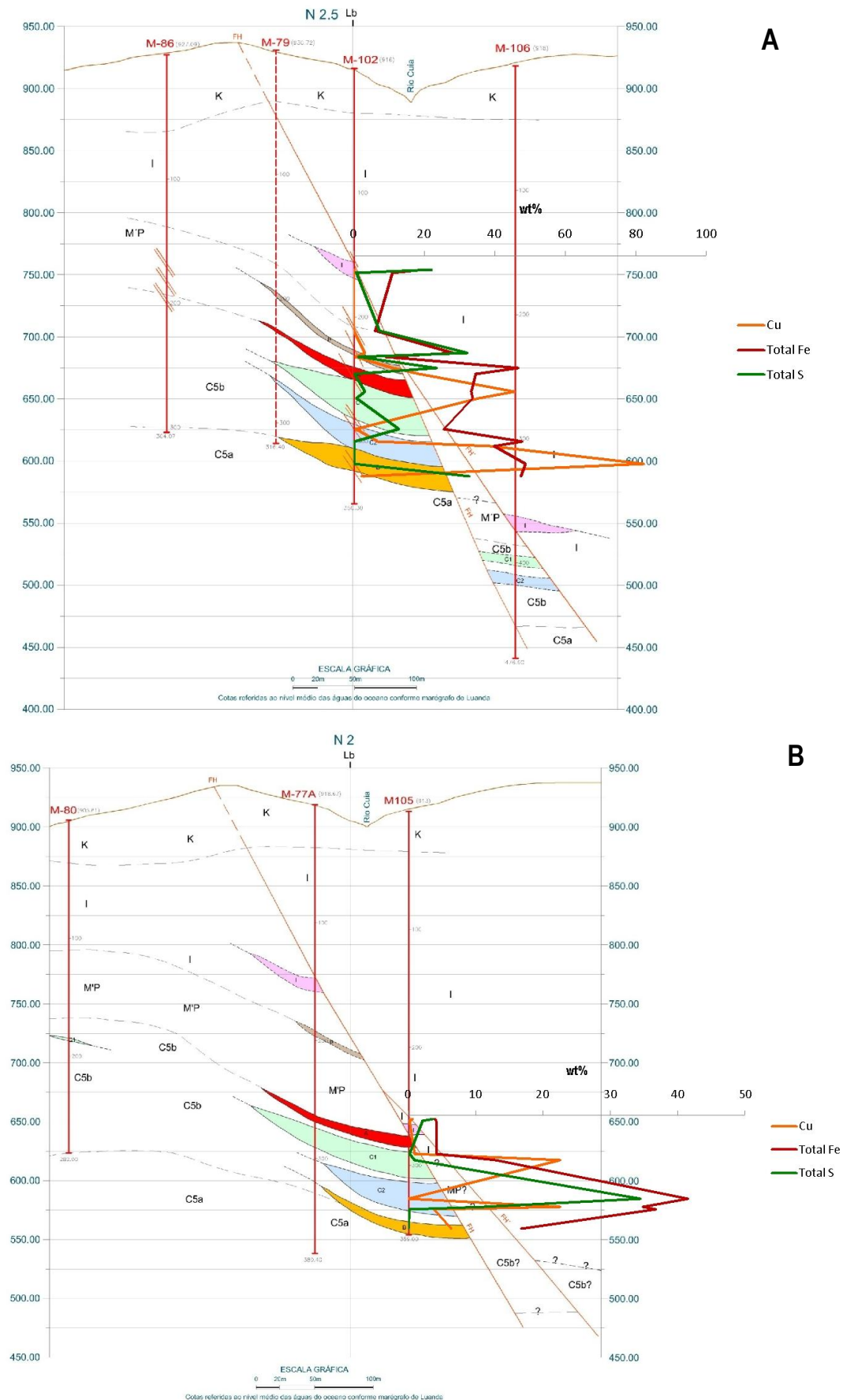


Fig. 7.8: Distribuição dos valores de concentração de SiO₂, Al₂O₃, CO₂, CaO e MgO ao longo do trecho amostrado das sondagens M102 (A) e M-105 (B).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**



**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

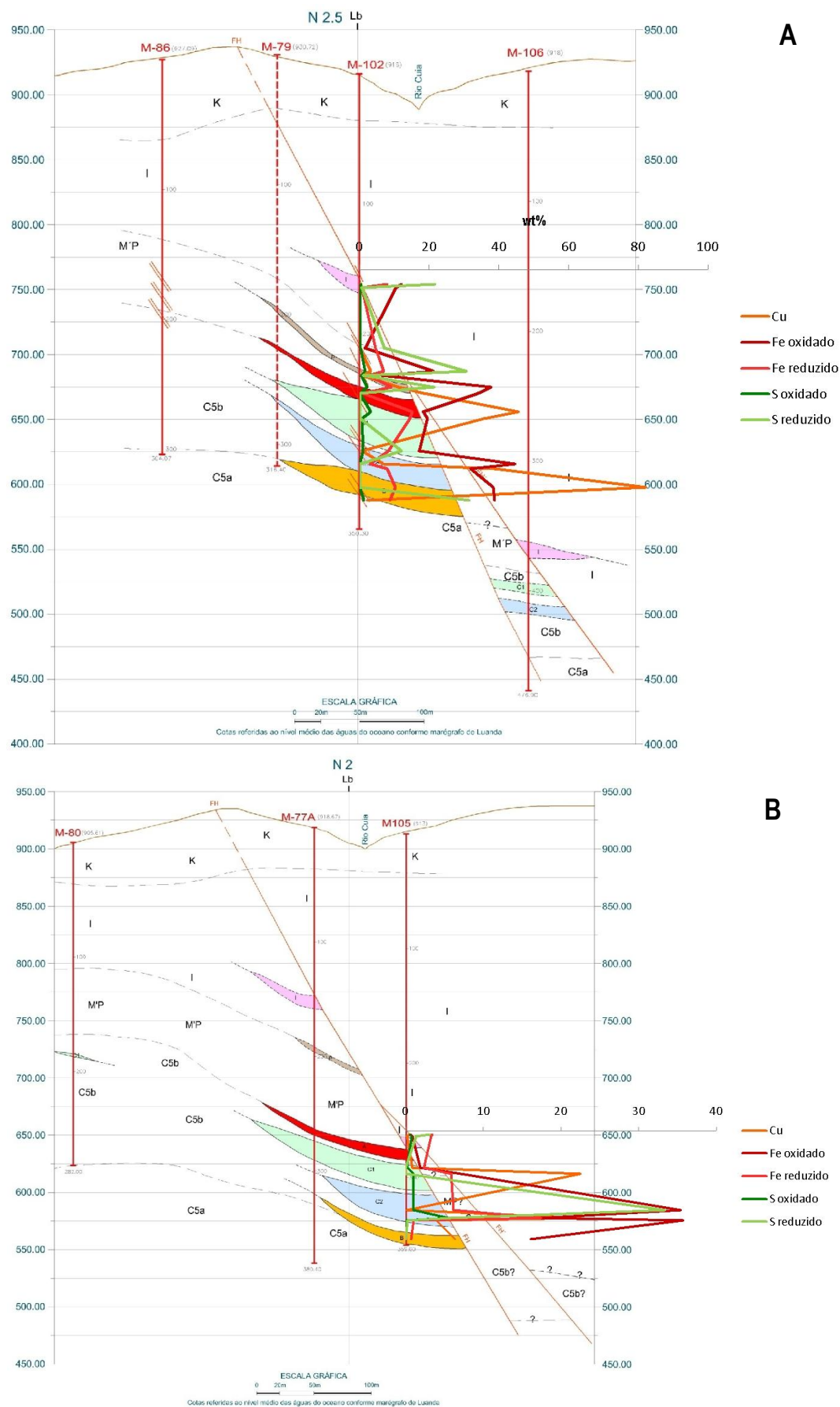


Fig. 7.10: Distribuição dos valores de concentração (em wt%) de Cu e Fe e S (oxidados e reduzidos), ao longo do troço amostrado das sondagens M102 (A) e M-105 (B).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

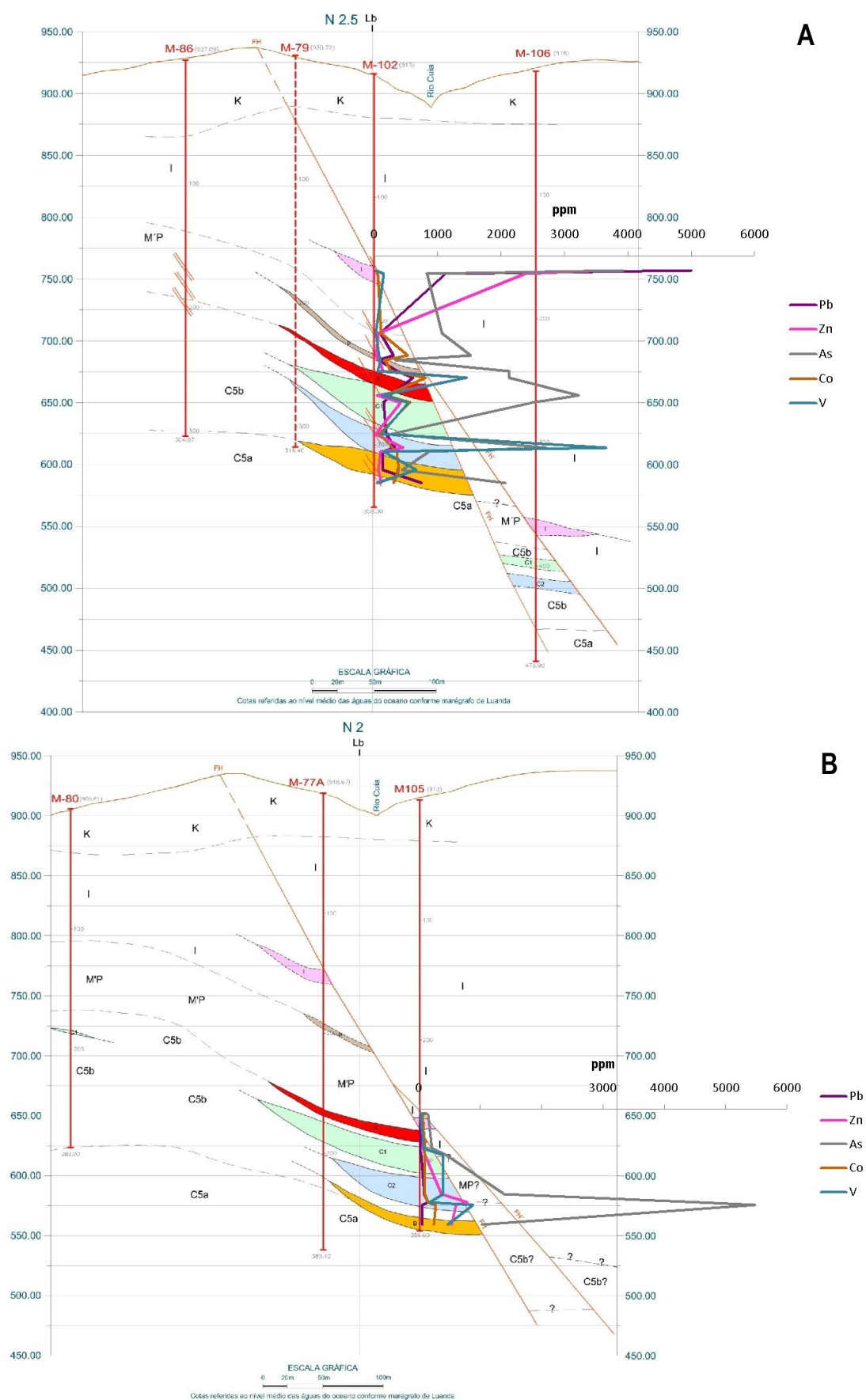


Fig. 7.11: Distribuição dos valores de concentração (em ppm) de Pb, Zn, As, Co e V ao longo do troço amostrado das sondagens M102 (A) e M-105 (B).

8 - DISCUSSÃO

8.1 - Características Gerais do Depósito Cuprífero de Tetelo

Com base na integração e interpretação dos dados expostos nos três capítulos precedentes, este subcapítulo procura responder às seguintes questões, anteriormente enunciadas na Introdução à presente Dissertação de Mestrado:

- Qual a natureza mineralógica e a amplitude de variação composicional das fases minerais constituintes da mineralização, quer disseminada, quer maciça?
- Quais os mecanismos envolvidos no processo mineralizante?
- Quais os principais controlos geoquímicos e estruturais da mineralização, nomeadamente dos domínios de maior enriquecimento metalífero e, consequentemente, maior potencial económico?

Em termos sintéticos as rochas hospedeiras da mineralização podem ser agrupadas em duas tipologias fundamentais: meta-arenitos arcósicos a subarcósicos e meta-calcários. Os primeiros correspondem essencialmente ao Subgrupo Xisto-Gresoso e os segundos à Formação C5b, muito embora se registem situações intermédias que sugerem variações de fácies no seio das unidades lito-estratigráficas intersectadas por sondagem (caso das amostras M-105-2 no Subgrupo Xisto-Gresoso e M-102-14 na Formação C5b). Os dados de litogeoquímica mostram valores medianos de distribuição de concentração de Zr muito mais elevados no Subgrupo Xisto-Gresoso do que na Formação C5b, diferença expectável dada a natureza litológica dominante destas unidades lito-estratigráficas. Todavia, registam-se valores máximos muito semelhantes em ambas (537.0 e 513.0 ppm, respectivamente), traduzindo a presença de grãos detríticos de zircão nas amostras de natureza siliciclástica, o que indicia a contribuição de uma fonte de carácter granitóide para os sedimentos que as constituem. Acresce referir que a quase irrelevância dos conteúdos em TiO_2 e P_2O_5 registados em ambos os conjuntos de amostras, reflectindo litologias relativamente puras (em termos mineralógicos), poderá representar tanto a herança de uma característica primária como, pelo contrário, traduzir o resultado de uma lixiviação diferencial intensa; a relativa estabilidade verificada ao nível dos aluminossilicatos em grande parte das amostras de natureza siliciclástica parece suportar preferencialmente a primeira possibilidade.

São várias as evidências petrográficas que documentam a progressão de mecanismos de acomodação de deformação e recristalização, intra e intergranular, se bem que incipiente (e.g. grãos de quartzo com contactos suturados, extinção ondulante, subgranulação intergranular, geminações mecânicas e traços de clivagem curvos em carbonatos grosseiros) suportando a conclusão de que a

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

sequência sedimentar em estudo foi sujeita a metamorfismo regional (orogénico) de baixo grau. Importa realçar que a nível macroscópico não são perceptíveis quaisquer evidências de metamorfismo.

A mineralização apresenta carácter indubitavelmente epigenético, como se depreende: 1) da presença de grãos detríticos ou de carbonatos no seio de fases minerais opacas; 2) da existência de redes de fracturas seladas por estas últimas, intersectando os domínios metassedimentares, tanto detríticos como carbonatados; e (3) de fases minerais opacas preenchendo fracturas intragranulares e espaços intersticiais, por vezes nucleando a partir das junções intergranulares dos agregados meta-carbonatados, e/ou sublinhando os seus planos de clivagem; esta última observação sugere a ocorrência síncrona de processos de dissolução-reprecipitação de carbonatos, acompanhada pela precipitação de fases minerais opacas.

Os domínios rochosos contendo mineralização disseminada significativa encontram-se maioritariamente confinados às litologias meta-calcárias; nestas circunstâncias as redes de fractura manifestam desenvolvimento incipiente e os arranjos texturais desenvolvidos na dependência de processos de dissolução-reprecipitação tendem a prevalecer. Quando hospedada em rochas metassedimentares detríticas, a mineralização disseminada preenche espaços intersticiais diversos, geralmente controlados por incrementos da permeabilidade secundária (*i.e.* condicionados pela intersecção de fracturas intergranulares tardias), normalmente precedendo ou acompanhando a deposição de carbonatos tardios. Maiores enriquecimentos nas fases minerais que constituem a mineralização exigem a formação prévia de importantes redes de fractura, muitas vezes após eventos de cataclase subordinados a zonas de cisalhamento cuja extensão e significado não é possível aquilatar devidamente com base nas informações disponíveis.

O carácter polifásico evidenciado pelas redes (densas) de fracturas é uma das características mais proeminentes dos domínios mineralizados, sugerindo que o mecanismo principal responsável pela mineralização se encontra intimamente relacionado com a recorrência de eventos de deformação frágil, desencadeada por sucessivos ciclos sísmicos (acomodação diferencial de tensão seguida de rotura – “*bombagem sísmica*” ou “*válvula sísmica*”) experimentados pela “Falha das Hematites” ao longo do tempo. Esta recorrência de eventos deverá ter jogado papel determinante na promoção do desenvolvimento de numerosas descontinuidades estruturais subsidiárias, contribuindo para a geração/incremento cíclico da permeabilidade secundária que terá assegurado, por sua vez, o estabelecimento de condições adequadas à circulação de fluidos durante toda a evolução do sistema hidrotermal. Tal circulação de fluidos ter-se-á feito acompanhar por gradientes químicos de amplitude variável, permitindo a deposição cíclica dos carbonatos grosseiros e/ou fases sulfuretadas, para além de promover a dissolução de quantidades não negligenciáveis de grãos detríticos (predominantemente feldspatos) e carbonatos matriciais. Parte considerável dos processos de alteração/oxidação tardia registados por um número considerável de testemunhos aparentam, também, ter sido condicionados pela permeabilidade secundária.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Existem diversas evidências para a existência de pelo menos um evento de fracturação posterior à deposição das principais fases minerais, porquanto é possível observar: 1) fracturas seladas por carbonatos grosseiros que intersectam fases opacas, quer estes formem agregados (semi)maciços ou constituam preenchimentos de fracturas (e.g. M-105-15A); 2) minério cataclasado (e.g. M-102-16); 3) minério brechificado com cimento carbonatado/quartzoso grosseiro tardio (e.g. M-102-12 e 14); e 4) diversas evidências de corrosão química relacionadas com a precipitação do cimento carbonatado ou quartzoso tardio, tais como: grãos opacos mostrando bordos de corrosão, impregnação do cimento por hidróxidos de Fe (e.g. M-102-16) e minerais opacos com textura em atol no seio de carbonatos grosseiros (e.g. M-105-15A).

A associação mineral principal inclui pirite, calcocite e bornite. Localmente, esta associação faz-se acompanhar por fases composicionalmente intermédias entre Cu_2S e CuS (e.g. djurleite, digenite, anilite e skionkopite), calcopirite, tenantite, enargite, galena e esfalerite e raras fases de Pb-As-S , Cu-Pb-As-S , Cu-As-Bi-S e Cu-Bi-S , sulfuretos de Cu-Co e arsenatos de composição química diversa (Ca , Mg , Cu , V , Y e/ou ETR). Subsistem dúvidas sobre a natureza primária ou secundária da calcocite, sendo contudo certo que a sua deposição se processa após os eventos de deformação responsáveis pela fracturação dos agregados de pirite, conforme documentado por diversos testemunhos. Com desenvolvimento posterior, ocorrem Cu nativo, cuprite e (hidr)óxidos de Fe. Nos exemplares sujeitos a maior alteração/oxidação, os agregados de (hidr)óxidos de ferro prevalecem, rodeando e substituindo massas de calcocite (por vezes preservando ainda relíquias de pirite (e.g. M-105-12); em muitos exemplares, esta associação tardia incorpora também quantidades substanciais de cobre nativo (e.g. M-102-12), originando por vezes mineralizações maciças em que este é a fase cuprífera predominante (e.g. M-102-17). Nestes domínios merece especial destaque a extrema eficiência com que estes processos tardios conduzem à separação do Fe (sob a forma de óxidos e hidróxidos) do Cu (sob a forma de cobre nativo e cuprite). Em domínios transicionais, onde a intensidade dos efeitos imputáveis à alteração/oxidação tardia não foi suficiente para eliminar do registo geológico os sulfuretos (e sulfossais), é possível colocar em evidência múltiplas transformações mineralógicas, assinalando a progressão heterogénea de uma sequência de substituição por enriquecimento em Cu que actua sobre a associação mineral precoce (na sua essência, $\text{pirite} \pm \text{calcopirite}$) e introduz novos metais no sistema (e.g. As , Pb , Co , Ag).

As observações supra citadas são corroboradas pelos dados de litogeoquímica multi-elementar, que mostram que a mineralização é marcada por concentrações de Cu , Fe e S muito superiores às das amostras não mineralizadas, sendo muito mais intensa nas rochas da Formação C5b do que nas do Subgrupo Xisto-Gresoso, e apresenta o S quase totalmente sob a forma reduzida, podendo o Fe ocorrer ora reduzido ora oxidado (predominando porém este último). A correlação significativa verificada entre as concentrações destes 3 elementos confirma a importância das mineralizações piríticas e a predominância

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

da calcocite (s.l) como principal fase portadora de Cu nas mineralizações oxidadas, desde que não se verifiquem condições de oxidação extrema.

Embora considerando as reservas apontadas no capítulo anterior, mormente no que diz respeito aos valores de distribuição de concentração do Bi, Cd e Sb, as mineralizações alojadas na Formação C5b podem ser distinguidas das que se alojam no Subgrupo Xisto-Gresoso pelos detalhes da sua composição em elementos menores e traço (As, Co, V, Pb e Zn e ainda Ag, Sb, Bi, Cd, Ga e Ge) cujos minerais portadores se encontram identificados (com excepção da Ag, Ga e Ge), apresentando a mineralização hospedada em rochas do Subgrupo Xisto-Gresoso carácter polimetálico, revelando enriquecimento relativo em Pb (\pm Zn) por comparação com a hospedada na Formação C5b, caracterizada por teores de Cu de tal forma elevados que provocam a diluição do Pb (\pm Zn).

Os estudos de química mineral realizados revelaram que as fases minerais constituintes da mineralização são relativamente homogéneas, desviando-se pouco da estequiometria ideal, independentemente do contexto litológico e textural em que se inserem. Os casos em que se verificam desvios mais significativos à estequiometria ideal, não influenciados directamente pelo efeito de matriz, correspondem aos sulfuretos de Cu e Cu-Fe analisados em contextos texturais em que é evidente o registo da progressão de reacções de substituição de fases menos ricas em Cu (calcopirite – CuFeS_2) por fases gradualmente mais ricas neste elemento [bornite (Cu_5FeS_4), seguida das fases constituintes do sistema covelite - calcocite ($\text{CuS} - \text{Cu}_2\text{S}$)], apontando para um incremento da actividade do Cu nos fluidos mineralizantes (e.g. Estampa 5A e Fig. 5.8). Verificam-se, porém, quantidades menores e traço em alguns metais com valores de concentração que devem ser considerados na caracterização química das diferentes fases minerais analisadas:

- O Au apresenta valores medianos de concentração de ordem centesimal detectados em pirite, calcopirite, bornite, sulfuretos de Cu, tenantite, enargite, cuprite e Cu nativo, independentemente do contexto textural ou litológico em que foram obtidas as análises. Com excepção da calcopirite e Cu nativo, nos quais os valores registados apresentam uma regularidade assinalável, a distribuição dos valores de concentração do Au apresenta comportamento errático, oscilando entre a não detecção e valores na ordem das várias centésimas de unidade;
- A Ag, apesar de no decorrer do estudo de química mineral não se terem registado valores significativos de concentração em nenhuma das fases minerais analisadas, os resultados da análise lito-geoquímica mostram a presença deste elemento em concentrações muito variáveis, mas por vezes significativas, sobretudo na *Formação C5b*. Ainda que os portadores deste metal não tenham sido identificados, as amostras mais ricas (pertencentes à lenticula “C2”) mostram teores tais (valor máximo de 394 ppm) que se torna provável a existência de fases acessórias em que a prata é um constituinte fundamental;

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

- O Co apresenta valores significativos em: 1) relíquias de pirite no seio de calcocite (LDP M-73B-4 e M-105-10) e no bordo do grão grosseiro idiomórfico de pirite evidenciando substituição por calcocite (Estampa 4F), onde se detectou a presença da *covelite cobaltífera*, com valores entre 0.519 e 3.688 wt%, no que parece ser um resultado de um processo de enriquecimento relativo contemporâneo da substituição da pirite em resultado da aparente menor mobilidade deste elemento químico; 2) no bordo de grãos grosseiros de pirite, mostrando zonação composicional incipiente (Fig. 6.3); 3) em tenantites de agregados anédricos poliminerálicos da LDP M-105-4 (Lentícula I - Subgrupo Xisto-Gresoso). Para além de confirmar a presença de valores ocasionalmente bastante expressivos de Co, o qual chega inclusivamente a formar uma fase mineral própria, os dados adquiridos nada mais permitem avançar quanto à importância deste elemento no sistema;
- O As revela-se um elemento menor/traço importante, com valores até 3.482 wt%, em análises de: 1) relíquias de pirite em massas de calcocite (M-73B-4, M-73B-7 e M-105-10; Fig. 6.2 e Estampa 4F) ou galena (M-102-1A; Estampa 3C); 2) no bordo de grãos grosseiros de pirite no seio de tenantite (M-102-12; Estampa 5E). No caso das inclusões de pirite em galena, importa lembrar a presença de sulfossais com As, alguns dos quais incorporando Cu e com composições bastante próximas da da tenantite. Estes dados, associados: 1) à relativa regularidade com que se detectam valores significativos de As (frequentemente superiores à unidade wt%), tanto em amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso como da Formação C5b; 2) à evidência patente na amostra M-105-12 de difusão de As em pirites fortemente fracturadas e com evidências de substituição polifásica, sugerida pela imagem composicional referente a este elemento químico (Fig. 6.9); e 3) ao facto de a tenantite da mesma amostra ser substituída por calcocite (que é a fase dominante, substituindo a pirite e preenchendo fracturas), permitem propor que a deposição de tenantite (\pm enargite) tenha precedido a substituição de pirite por fases sulfuretadas de Cu-Fe e/ou Cu e galena (em algumas amostras do Subgrupo Xisto-Gresoso).

Apesar de os dados disponíveis pouco permitirem adiantar no que respeita à natureza e composição do(s) fluido(s) mineralizante(s), parece contudo plausível avançar-se que o(s) mesmo(s) apresentaria(m) pH ácido, dadas as evidências de dissolução de grãos detríticos (predominantemente feldspatos, com formação de minerais de argila – e.g. M-102-1 e 2) e carbonatos matriciais, e carácter salino, porquanto se regista a presença de finos grãos de sericite entre o protólito carbonatado e os filonetes/veios, [quer naqueles que se encontram mineralizados, quer nos que se encontram colmatados apenas por carbonatos grosseiros (e.g. M-77A-4)], assim como no preenchimento de outros vazios em carbonatos matriciais grosseiros em íntima associação com fases opacas (e.g. M-77A-3).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

As distribuições de concentração em ETR mostram que as amostras representativas de ambas as formações são pobres nestes elementos; os dados obtidos sugerem uma fonte claramente crustal para os fluidos mineralizantes, dado que os ETR de ambas as unidades lito-estratigráficas apresentam uma fraccionação muito semelhante à da crosta superior, verificando-se apenas uma ligeira tendência para a concentração relativa de ETRP nas amostras da Formação C5b. Este dado não será alheio ao facto de estas últimas se apresentarem mais intensamente mineralizadas do que as representantes do Subgrupo Xisto-Gresoso, uma vez que os ETRP apresentam maior afinidade com as fases constituintes da mineralização do que com aquelas que constituem as rochas hospedeiras.

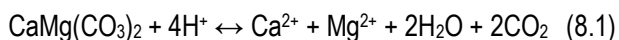
Em ambas as unidades lito-estratigráficas os conteúdos de Y, U e Th apresentam distribuições com descritores estatísticos (mediana, por exemplo) semelhantes, ainda que com valores marginalmente mais elevados em amostras da Formação C5b do que nas do Subgrupo Xisto-Gresoso. Não sendo expectável a sua presença em rochas carbonatadas, tal sugere que estes elementos deverão fazer parte do elenco mineralizante, tendo sido introduzidos aquando dos eventos mineralizantes mais precoces (anteriores às modificações provocadas pelos episódios tardios de oxidação), o que permite colocar a hipótese de a(s) fonte(s) de metais não diferirem substancialmente em ambas as formações. A confirmar-se esta hipótese, as diferenças evidentes entre as mineralizações alojadas nas rochas do Subgrupo Xisto-Gresoso e da Formação C5b dever-se-ão à diferente evolução do sistema mineralizante em cada uma destas unidades lito-estratigráficas, em função das diferentes interacções químicas estabelecidas entre os fluidos mineralizantes e as rochas encaixantes, que apresentam quimismo claramente distinto, diferenças estas reforçadas mais tarde aquando da oxidação heterogénea de todo o conjunto, dada a maior vulnerabilidade química das rochas de natureza carbonatada.

Não obstante os dados coligidos não permitirem propor um modelo genético bem fundamentado para a mineralização em estudo, porquanto não é possível responder categoricamente a questões fundamentais para se efectuar tal exercício (p.e.: quando se terá iniciado o sistema mineralizante; quais as fontes de metais, enxofre e salinidade; quais as condições Eh e temperatura do(s) fluidos mineralizantes), como corolário deste subcapítulo é possível apresentar sumariamente, no que respeita aos elementos maiores, uma sucessão de eventos que terão concorrido para a formação da jazida de Tetelo.

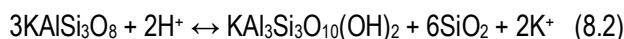
Apesar de não ser possível datar o sistema mineralizante, certo é que este terá sido despoletado por um dos vários eventos sísmicos experimentados pela “Falha das Hematites” ao longo do tempo, responsáveis pela fracturação e consequente incremento de permeabilidade secundária das unidades lito-estratigráficas estudadas, induzindo mecanismos de bombagem sísmica que terão promovido a circulação dos fluidos mineralizantes (cujo conteúdo metalífero apresentou variações no tempo). A formação da jazida de Tetelo ter-se-á iniciado pela neutralização destes fluidos, ácidos e de natureza crustal, que transportaram em solução quantidades significativas de metais, através de reacções de

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

tamponização resultantes da sua interacção com os carbonatos dolomíticos (equação 8.1) da sequência meta-carbonatada e com os feldspatos/filossilicatos da metassiliciclástica (equações 8.2 e 8.3):



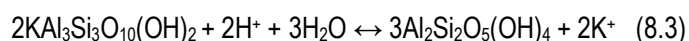
Dolomite



Feldspato K

Moscovite

Quartzo



Caulinite

A progressão de tais reacções terá induzido modificações nas condições físico-químicas do fluido, promovendo a precipitação de fases sulfetadas por instabilização dos agentes de complexação dos metais; a libertação de Ca, Mg e CO₂ para o sistema terá fornecido os elementos necessários para a posterior precipitação dos carbonatos grosseiros (calcíticos e dolomíticos) observados.

As reacções acima revelam-se importantes na compreensão das diferenças registadas ao nível da intensidade da mineralização verificada em cada uma das unidades lito-estratigráficas, visto que a natureza litológica das rochas hospedeiras se afigura como um factor de importância capital no que respeita à geração de permeabilidade secundária. Enquanto nas rochas de natureza carbonatada a progressão da reacção 8.1 (dissolução dos carbonatos) concorre para um incremento da permeabilidade secundária, previamente gerada pela fracturação, nas rochas de natureza siliciclástica, a progressão das reacções 8.2 e 8.3, apesar de promover a dissolução de feldspatos/filossilicatos, induz a precipitação de quartzo secundário, contrabalançando o incremento de permeabilidade secundária previamente obtido. No primeiro caso, apesar de a dissolução dos carbonatos tender para a neutralização dos fluidos ácidos por consumo de H⁺, aumentando o seu pH, a precipitação de pirite (ou outras fases sulfetadas) tende a compensar, pelo menos em parte, este efeito (e.g. reacção 8.4), por libertação de H⁺ para o sistema (e consequente diminuição do pH), permitindo manter a progressão da reacção 8.1.



Pirite

Desta forma, e admitindo fluido(s) ascendente(s), as diferenças verificadas ao nível da intensidade da mineralização dever-se-ão não só ao menor potencial de geração/incremento da permeabilidade secundária nas rochas siliciclásticas do Subgrupo Xisto-Gresoso, como também ao facto de a concentração de cationes metálicos e enxofre em solução no(s) fluido(s) tender a diminuir

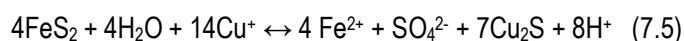
**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

significativamente (se não mesmo a esgotar-se) à sua passagem pelas rochas meta-carbonatadas da Formação C5b.

Uma primeira fase de fracturação das unidades lito-estratigráficas terá promovido a circulação de um fluido enriquecido em Fe e S (\pm Cu), responsável pela precipitação dos agregados precoces de pirite (\pm calcopirite). Um evento de fracturação posterior terá permitido a circulação de um fluido mineralizante transportando em solução quantidades significativas de Cu, As e S, promovendo a precipitação de tenantite \pm enargite e calcopirite; a interacção deste fluido com os agregados precoces de pirite terá promovido a difusão de As para esta fase mineral, para além da sua substituição por calcopirite ao longo de uma rede heterógena de (micro)fracturas intra e intergranulares. Fases subsequentes de fracturação terão permitido uma circulação recorrente de fluidos mineralizantes enriquecidos em Cu (\pm Zn \pm Pb), promovendo a precipitação de esfalerite e reacções de substituição dos sulfuretos precoces por fases progressivamente mais ricas em Cu ou Pb. No que respeita ao Cu, a progressão das reacções de substituição ter-se-á desenvolvido da seguinte forma:



Uma vez que a pirite apresenta uma quantidade de S significativamente superior à necessária para a formação das fases de Cu-Fe e/ou Cu que a substituem, não é estritamente necessário invocar a presença deste elemento em solução, dado que as reacções de substituição em questão o libertam, juntamente com Fe, para o sistema (e.g. reacção 7.5).



Importa salientar que muitas vezes não se registou a presença das fases intermédias de Cu-Fe, o que pode dever-se tanto à sua substituição total por calcocite (s.l.) e consequente obliteração dos vestígios que denunciariam a sua anterior presença, como à sua não precipitação por força das condições físico-químicas inerentes ao próprio fluido mineralizante (e.g. pH-Eh, fugacidade do oxigénio/enxofre).

No que respeita ao Pb, para além de se verificar a presença de galena a selar fracturas em massas de pirite de ambas as unidades litoestratigráficas, a projecção no diagrama Cu-As-Pb (Fig. 6.27) das diversas fases minerais de Pb-As-S, Cu-Pb-As-S e Cu-As-Bi-S identificados no seu seio (M-102-1A - Subgrupo Xisto-Gresoso), mostra um *trend* (com excepção de uma análise que se desvia significativamente das restantes) que se inicia nas composições mais ricas em Cu e As, “tenantíticas-enargíticas”, e se dirige no sentido das que incorporam Pb, muito próximas de jordanite-gratonite. Esta observação, associada ao facto de as fases sulfuretadas mais ricas em Cu e As (assim como esfalerites e mesmo feldspatos) apresentarem sinais claros de substituição por galena, os quais não se manifestam

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

nas fases sulfuretadas de Pb-As, que apresentam formas bem definidas, arredondadas, contrapondo-se claramente ao carácter corroído manifestado pelas restantes fases “intermédias” (Fig. 6.25), permite propor, ainda que com um elevado grau de incerteza associado, que se tenha dado uma progressiva substituição das fases mais precoces (tenantíticas-enargíticas) por fases de Pb, por interacção com um fluido mineralizante enriquecido nesse elemento.

Relativamente ao Zn, as relações texturais apenas permitem adiantar que a precipitação de esfalerite é posterior à de pirite, precedendo a de galena.

O estabelecimento tardio de condições progressivamente mais oxidantes, presumivelmente induzidas pela circulação de águas meteóricas, terá provocado a instabilização das fases sulfuretadas, promovendo a precipitação de (hidr)óxidos de Fe e Cu nativo (\pm cuprite \pm arsenatos).

Uma última nota para a formação dos arsenatos de composição diversa observados e analisados numa amostra (M-102-9) da Formação C5b, a qual parece ter correspondido a um evento tardio, posterior à deposição do Cu nativo, visto constituírem orlas em torno do último.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

8.2 - Decomposição Geométrica e Análise Cinemática da “Falha das Hematites”

A decomposição geométrica da “Falha das Hematites” tem como objectivo procurar compreender de que forma a irregularidade do traçado da zona de falha (incluindo descontinuidades secundárias ou subsidiárias) permite inferir dispositivos estruturais que fundamentem a dedução de critérios cinemáticos e a identificação de segmentos propícios ao escoamento focalizado de fluidos hidrotermais (mineralizados ou não) durante os sucessivos eventos sísmicos que condicionaram a evolução (propagação e reactivação) daquela estrutura tectónica. Este ensaio interpretativo tem por base a análise da informação contida nas folhas B-33/I-O (São Salvador) e B-33/J-P (Maquela do Zombo) da Carta Geológica de Angola à escala 1:250000, de Stanton et al. (1962) e Stanton (1963), respectivamente, bem como na que é apresentada na Folha nº1 da Carta de Recursos Minerais de Angola à escala 1:1000000 (de Araújo et al., 1998) e no mapa *Geology of Major Ore Deposits of Central Africa* à escala 1:4000000 (Milesi et al., 2004).

O primeiro resultado relevante da análise realizada prende-se com a reinterpretação da “Falha das Hematites” como o segmento meridional (que se estende até ao Carreamento de Mucaba) da terminação em *horse-tail* de um importante desligamento esquerdo que se prolonga para NE por milhares de quilómetros (ver Milesi et al., 2004). Na verdade, e contrariamente à solução cartográfica apresentada por de Araújo et al. (1998), não existem critérios lito-estratigráficos ou estruturais que justifiquem o prolongamento desta falha para além do Carreamento de Mucaba, cortando o Cinturão do Congo Ocidental em quase toda a sua extensão; os levantamentos geológicos de grande detalhe empreendidos por Stanton et al. (1962) e Stanton (1963) são claros a esse respeito.

O traçado irregular da zona de falha permite identificar pelo menos três elementos rectilíneos (A, B e C - Fig. 8.1), todos de direcção geral NE-SW. Estes deverão representar segmentos de falha com disposição escalonada (e, possivelmente, menor rugosidade), cuja junção subsequente determinou o desenvolvimento da “Falha das Hematites”; esta coalescência terá sido proporcionada pela acumulação sucessiva de tensões nas extremidades daqueles segmentos de falha com escalonamento espacial marcado por ressaltos relativamente estreitos. A existência de uma componente normal de movimento conduzindo ao abatimento do bloco E é evidente, permitindo o contacto lateral entre unidades do Subgrupo Xisto-Calcário e do Subgrupo Xisto-Gresoso (e.g. contacto entre as formações C5a e I2 em Lueca). No que respeita à componente horizontal de movimento, verifica-se que a cinemática esquerda é a que melhor se ajusta aos dados cartográficos disponíveis, favorecendo a confluência dos segmentos A e B através de um *constraining bend* (1 – Fig. 8.1) e a coalescência B-C (2 – Fig. 8.1), bem como a pequena ondulação no extremo N da falha (3 – Fig. 8.1), segundo um *releasing bend*. Tal interpretação é corroborada:

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

- Pelos cavalgamentos/carreamentos menores de direcção ENE-WSW e ausência total de indícios de mineralização no seio do *constraining bend*, uma vez que estes dispositivos correspondem a domínios sujeitos a forte compressão, limitando drasticamente a circulação de fluidos hidrotermais;
- Pela existência das ocorrências minerais de Lueca (Pb-V), Quimbumba (Pb) e Quinzo (Pb-V) no *releasing bend* de maior extensão, assim como mineralizações de Cu na ondulação de menor extensão (Fig. 8.1), o que se afigura compatível com a drenagem focalizada de volumes significativos de fluidos hidrotermais em domínios rochosos sujeitos a forte extensão localizada e, portanto, caracterizados por porosidade/permeabilidade secundária elevada.

A cinemática esquerda inferida é ainda compatível com as interpretações reportadas nas notícias explicativas das cartas geológicas B-33/I-O (São Salvador) e B-33/J-P (Maquela do Zombo) [Stanton et al. 1962; Stanton, 1963]. Com efeito, estes autores concluem que a movimentação esquerda imposta à estrutura principal possibilita o desenvolvimento de fendas de tracção mineralizadas com direcção NNW-SSE, em Mavoio, bem como a formação de dobras de arraste de grandes dimensões em xistos-argilosos da Formação C5a próximas do rio Pacheche.

Os elementos factuais sumariamente apresentados nos parágrafos anteriores, em conjunto com o reconhecimento de extensas zonas silicificadas (de Araújo et al., 1998) subparalelas à zona de falha principal e diversas ocorrências minerais (outras que não as coincidentes com os *releasing bends*), testemunham o importante controlo exercido pela propagação e reactivação da “Falha das Hematites”, gerando dispositivos estruturais favoráveis, ou não, ao escoamento de fluidos potencialmente capazes de originar mineralizações epigenéticas com interesse económico.

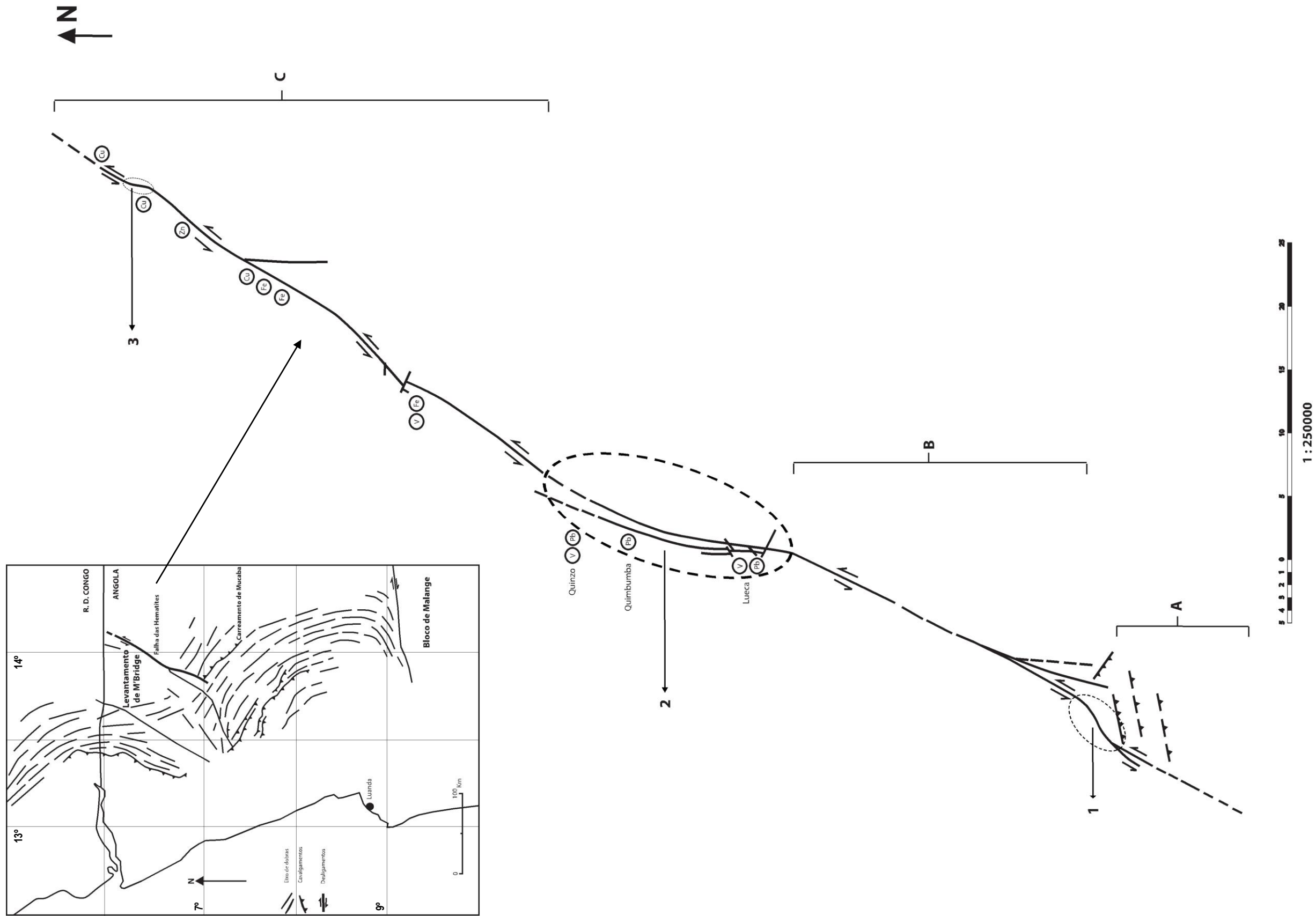


Fig. 8.1: Localização da Falha das Hematites, sua decomposição geométrica e localização das principais mineralizações. 1 - Constraining bend; 2 e 3 - Releasing bends; A, B e C - (paleo)segmentos de falha rectilíneos. Adaptado de Stanton et al (1962) e Stanton (1963).

8.3 - Estudo Comparativo entre os Cinturões Neoproterozóicos do Congo Ocidental, Damara

A jazida de Tetelo, não obstante o trabalho realizado ser sob vários aspectos exploratório, apresenta diversas características que permitem compará-lo a outros depósitos epigenéticos/discordantes de Cu-Zn-Pb, alguns dos quais de elevado potencial económico, também localizados em cinturões Pan-Africanos, como por exemplo: Bamba-Kilenda, na República Democrática do Congo (RDC), do Cinturão do Congo Ocidental, tal como Tetelo; Tsumeb e Berg-Aukas no Cinturão de Damara, na Namíbia; e Kipushi, na RDC, e Kabwe, na Zâmbia, ambos localizados no Cinturão Lufiliano. Este último, para além de depósitos epigenéticos/discordantes de Cu-Zn-Pb, hospeda o famoso Cinturão Cuprífero Centro-Africano, uma das maiores províncias metalogenéticas do mundo, caracterizado pela presença de depósitos estratiformes de Cu-Co, alguns dos quais de classe mundial (i.e. > 10 Mt de Cu), totalizando mais de 140 Mt de Cu e 6 Mt de Co (Cailteux et al, 2005).

Dado que: 1) todos estes cinturões são parte integrante do sistema Neoproterozóico de cinturões Pan-Africanos; 2) diversos autores (Kanda Nkula et al., 2003; Batumike et al., 2007; Kampunzu et al., 2009; Haest, 2009) sugerem que a fonte de metais dos depósitos discordantes de Cu-Zn-Pb resulta, pelo menos em parte, da remobilização de mineralizações estratiformes de Cu-Co presentes em níveis estratigráficos inferiores das sequências Neoproterozóicas; 3) e que é genericamente aceite que os processos que concorrem para a formação deste último tipo de mineralizações se encontra intimamente associado ao processo de evolução do cinturão, mormente no que respeita à sua evolução ante-orogénico (Selley et al., 2005; Hitzman et al, 2005, 2010), não é de excluir a possibilidade de o Cinturão do Congo Ocidental hospedar mineralizações estratiformes de Cu-Co.

De forma a testar a plausibilidade deste raciocínio, o presente sub-capítulo tem como objectivo a organização e análise da informação publicada e disponível em termos lito-estratigráficos, geocronológicos e metalogenéticos para os Cinturões do Congo Ocidental, Damara e Lufiliano.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

8.3.1 - Cinturão do Congo Ocidental

O cinturão do Congo Ocidental (Fig. 8.2), com cerca de 1400km de comprimento e 150 a 300 km de largura, estende-se paralelamente à costa da África Central, entre o Gabão e Angola, fazendo parte do conjunto de cinturões Neoproterozóicos formados como resultado da fragmentação do supercontinente Rodinia e posterior orogenia Pan-Africana, tendo esta última decorrido entre os 800 e os 500Ma (Tack et al, 2001).

Tack et al (2001), tomando como exemplo a reestruturação proposta por Porada e Berhorst (2000) para a tabela lito-estratigráfica do Supergroupo de Katanga do cinturão Lufiliano, na República Democrática do Congo e Zâmbia, apresentou uma nova versão para a do cinturão do Congo Ocidental, de acordo com as regras da IUGS para a nomenclatura das unidades litoestratigráficas (preservando contudo as designações regionais), adoptado o termo Supergroupo do Congo Ocidental.

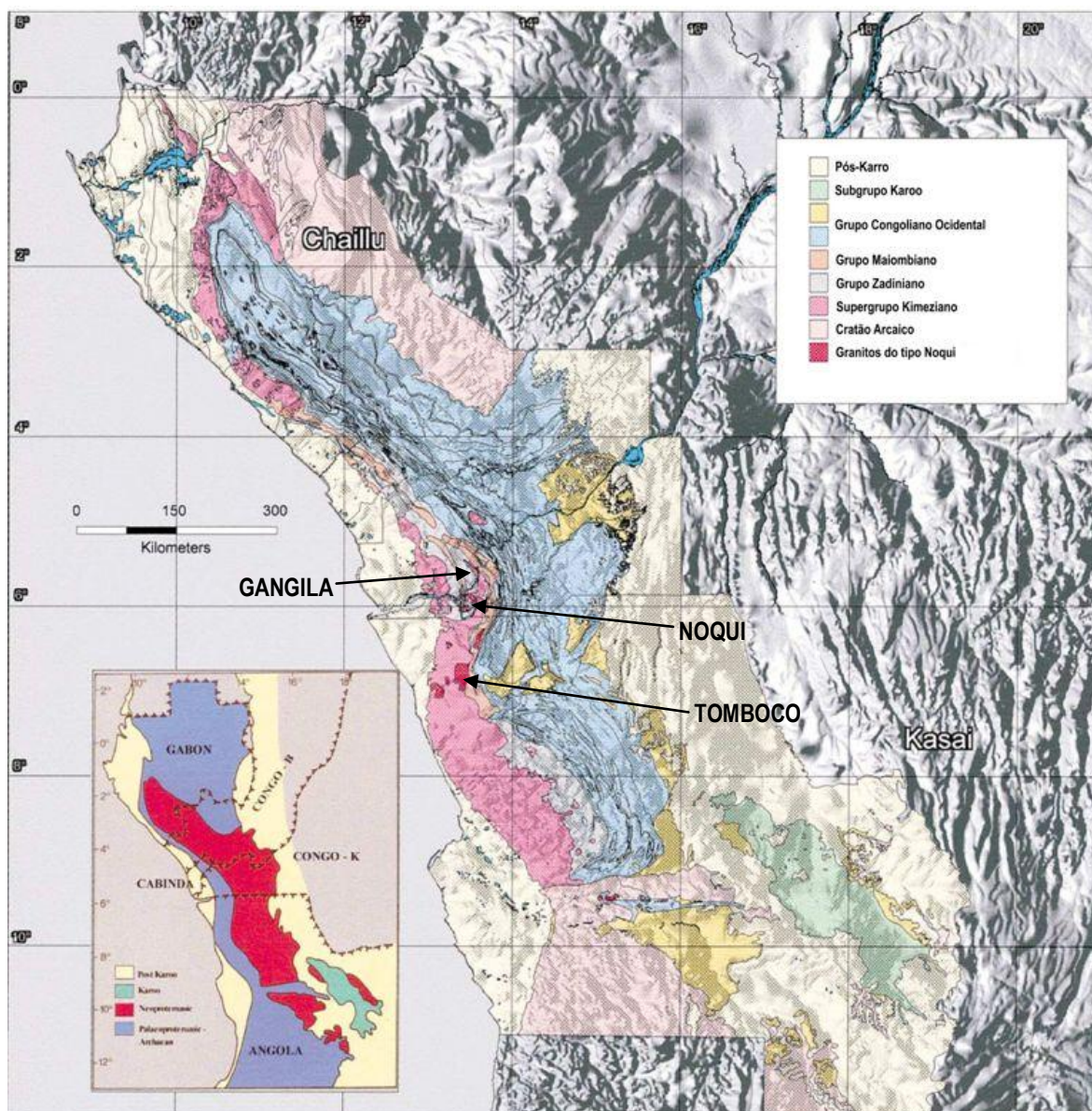


Fig. 8.2: Mapa geológico do Cinturão do Congo Ocidental. Adaptado de Tack et al (2001)

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

O Supergrupo do Congo Ocidental correspondente à fracção oriental do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental (Fig. 8.3), um de vários orógenos Brasilianos/Pan-Africanos resultantes da multiplicidade de processos responsáveis pela fragmentação da Rodinia e posterior formação do Gondwana (Alkmim et al, 2006); é constituído pelos Grupos Zadiniano, Maiombiano e Congoliano Ocidental, assentando em forte discordância angular sobre o soco cristalino, representado pelo Supergrupo Kimeziano (Paleoproterozóico – Orogenia Eburniana) e pelos cratões arcaicos do Chaillu (2500Ma) e do Kasai (2700Ma), ambos partes integrantes do Cratão do Congo. O soco cristalino encontra-se exposto em carreamentos do Supergrupo Kimeziano (ca. 2.1Ga, essencialmente constituído por gneisses, migmatitos e anfibolitos; Tack et al, 2001 e referências aí citadas) e subjacente aos domínios pouco ou nada deformados da bacia de *foreland*, consistindo de gneisses e granitóides do Arcaico (Fig. 8.4).

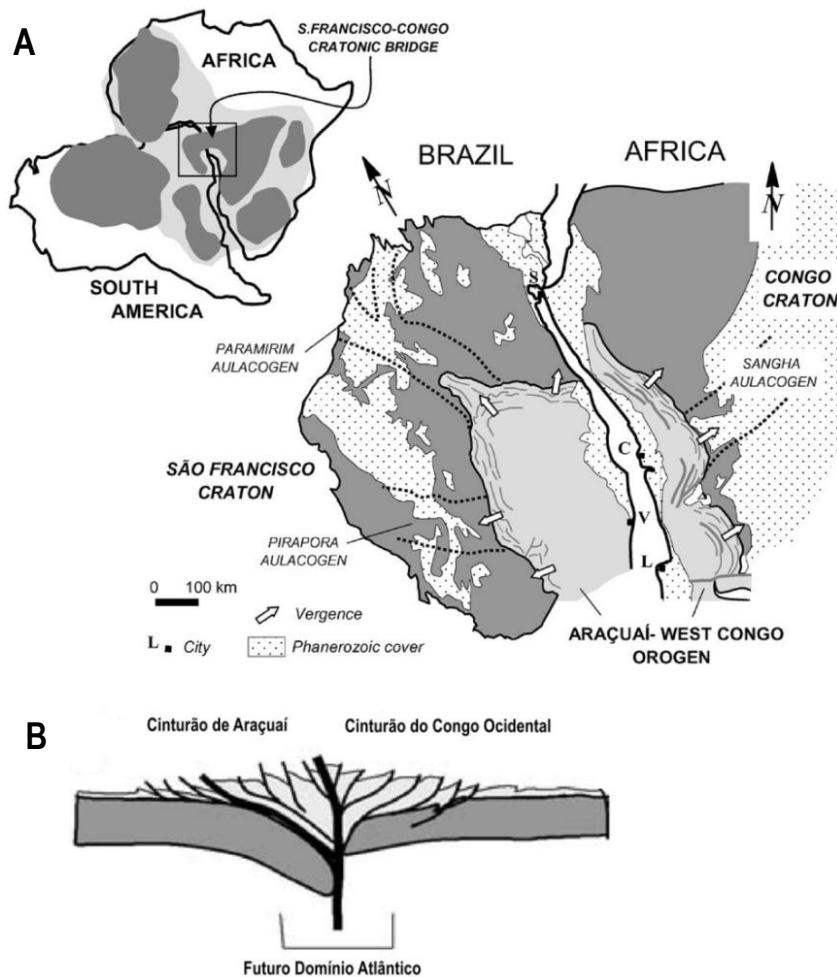


Fig. 8.3: **A** – Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental e o adjacente Cratão de São Francisco no contexto do Gondwana Ocidental; **B** – Corte esquemático do mesmo orógeno. Adaptado de Alkmim et al (2006)

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

A comparação e integração de dados de campo e estruturais (Tack et al, 1975a; Boudzoumou e Trompette, 1988; Franssen & André, 1988; Maurin, 1993), gravimétricos (Byamungu et al., 1987), assim como de cortes e tabelas litoestratigráficas publicados referentes aos diversos países que formam o cinturão do Congo Ocidental (Gabão, Congo, RDC e Angola), permitiram a Tack et al (2001) a elaboração de um corte esquemático tipo, de orientação W-E, dos diferentes domínios do cinturão do Congo Ocidental (Fig. 8.4).

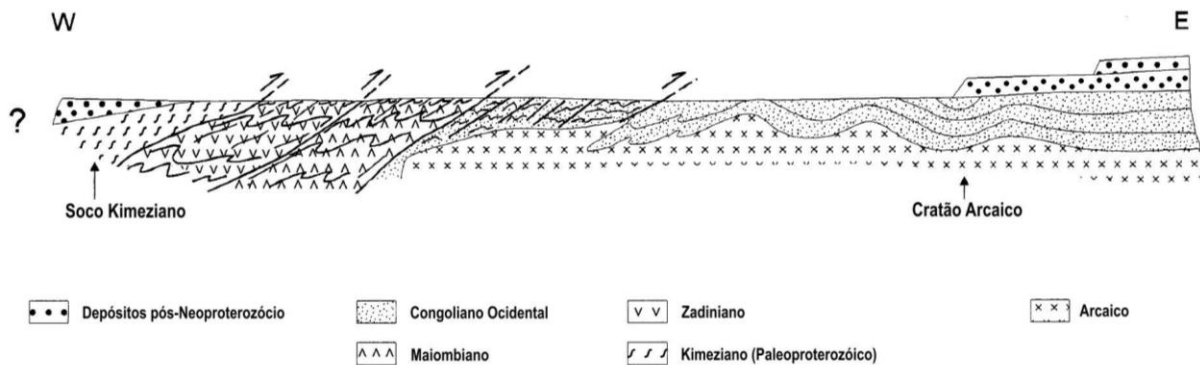


Fig. 8.4: Corte esquemático do Cinturão do Congo Ocidental. Adaptado de Tack et al (2001)

O cinturão apresenta estruturação NW-SE a NNW-SSE, com cavalgamentos/carreamentos que denunciam transporte de massa para o quadrante NE (Pereira et al, 2010); o dobramento, mais intenso nas zonas interna e intermédia do cinturão, enfraquece progressivamente para Este, dando lugar à bacia de *foreland* na qual as unidades superiores do Grupo Congoliano Ocidental, com poucas evidências de deformação, assentam em discordância sobre o cratão Arcaico.

O metamorfismo, sin-cinemático, de baixa pressão e elevada temperatura ($550^{\circ}\text{C} < T < 600^{\circ}\text{C}$ e $2 \text{ kbar} < P < 3 \text{ kbar}$; Franssen & André, 1988), decresce no mesmo sentido da deformação, apresentando uma progressão paralela ao eixo do cinturão, de fácies anfibolíticas, na zona interna (grupos Zadiniiano e Maiombiano), a fácies dos xistos-verdes, dando por fim lugar às litologias pouco metamorfizadas da bacia de *foreland* (Franssen & André, 1988; Tack et al, 2001).

O decréscimo da deformação e grau metamórfico verificado de Oeste para Este, assim como a ausência de remanescências de ofiolitos e de batólitos graníticos sin a pós-Pan-Africanos, reflectem o facto de o Grupo Congoliano Ocidental se encontrar sobre o espesso e resistente cratão Arcaico, o qual funcionou como protecção contra a deformação aquando do evento colisional há cerca de 566 Ma (Schermerhorn, 1981b; Tack et al, 2001). De acordo com Pedrosa Soares et al (2001), a subducção ocorreu mais a Oeste, no cinturão de Araçuaí, onde se verifica a presença de ofiolitos, rochas de alto grau metamórfico e batólitos granitóides sin a pós-colisionais.

8.3.1.1 – Lito-estratigrafia do Supergupo do Congo Ocidental

Grupo Zadiniano:

A parte inferior deste grupo é constituída por metasedimentos siliciclásticos de origem continental (incluindo xistos negros), os quais exibem fortes variações de fácies, tanto verticais como laterais (Tack et al, 2001 e referências aí citadas); superiormente, há uma espessa sucessão de rochas máficas (escoadas continentais), observadas em diversos locais (ex. metabasaltos de Gangila), cujas assinaturas ao nível dos elementos traço indicam tratar-se de *Continental Flood Basalts*, sugerindo a abertura de um sistema de rifte intracontinental em resposta à ascensão de uma pluma astenosférica de grandes dimensões (Tack et al, 2001 e referências aí citadas). Na zona de Matadi, província do Baixo Congo (RDC), a base deste grupo é representada por uma formação local, a Formação (Fm) de Palabala (Tack et al, 2001 e referências aí citadas), composta essencialmente por xistos quartzíticos e biotíticos e, localmente, meta-conglomerados; para o topo, observam-se camadas de vários centímetros de espessura de meta-riólitos, intercalados com as camadas biotíticas (Franssen & André, 1988).

Imediatamente a sul de Matadi (província do Baixo Congo), adjacente a extensas zonas de soco Paleoproterozóico (Supergupo Kimeziano), aflora o granito peralcalino de Noqui. Rochas granitóides peralcalinas, em contexto muito semelhante, encontram-se expostas no norte de Angola, no maciço de Tomboco (Korpershoek, 1964a,b; citado por Tack et al, 2001). A idade destes corpos graníticos constituiu motivo de controvérsia ao longo dos tempos, com autores defendendo uma instalação pós-tectónica, ou seja, pós-Pan-Africana, e outros defendendo um contexto pré-tectónico para os mesmos (Tack et al, 2001). Segundo Tack et al (2001), a proximidade das soleiras metariolíticas da Fm de Palabala ao maciço granítico de Noqui e as semelhanças apresentadas entre as assinaturas geoquímicas das rochas efusivas e intrusivas, assim como a datação geocronológica de 999 ± 7 Ma para granitos do Maciço de Noqui (Tack et al, 2001) constituem argumentos incontornáveis a favor do desenvolvimento de uma fase de magmatismo plutónico peralcalino precoce, associado a sedimentação incipiente em ambiente de rifte intracratónico. A idade obtida para o granito de Noqui permite definir um limite inferior para a idade de deposição do Grupo Zadiniano, cujas unidades são intruídas por este, visto que terá forçosamente que ser anterior à da instalação do primeiro.

Grupo Maiombiano:

Segundo Franssen & André (1988), este grupo sobrepõe-se ao Grupo Zadiniano sem que se verifique a presença de qualquer discordância, e corresponde a uma sequência meta-vulcano-plutónica félsica, com intercalações meta-sedimentares e/ou meta-vulcano-sedimentares acessórias (Tack et al, 1975a, 1979a, 1983; Cahen, 1984, citados por Tack et al, 2001), apresentando fortes variações de local

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

para local. O estudo de datação geocronológica levado a cabo por Tack et al (2001) indica idades de 920 ± 8 e 912 ± 7 Ma, respectivamente, para a base e topo estratigráficos da sequência meta-vulcânica félsica (riolítica); segundo o mesmo autor, os corpos graníticos (e.g. Granitos de Mativa e de Bata Kimenga) que intruem a sequência meta-vulcânica/vulcano-sedimentar apresentam idades semelhantes às dos meta-riolitos. Segundo Pedrosa-Soares et al (1992; citado por Alkmim et al, 2006), a sequência bimodal meta-vulcânica/meta-sedimentar dos grupos Zadiniiano e Maiombiano do cinturão do Congo Ocidental representa a componente ígnea de rifte associada à abertura do que no Brasil se tornou a bacia de Macaúbas, sendo o Grupo Congoliano Ocidental correlacionável com o Grupo Macaúbas do Cinturão de Araçuaí.

Grupo Congoliano Ocidental:

A reorganização proposta por Tack et al (2001) no sentido de promover uma generalização da sequência lito-estratigráfica para o Cinturão do Congo Ocidental difere das anteriormente apresentadas por diversos autores, p. ex. Schermerhorn e Stanton (1963) para o segmento angolano do cinturão, no sentido em que se verifica uma revisão generalizada da atribuição dos termos supergrupo, grupo, subgrupo e formação às diferentes unidades litostratigráficas. As diferenças essenciais verificam-se na:

- Integração dos Grupos Zadiniiano e Mayumbiano (anteriormente designados sob o nome genérico de “soco Arcaico”) no Supergrupo do Congo Ocidental implicando a redefinição dos Grupos Sansícuia, Alto Chiloango e Xisto Calcário como Subgrupos;
- Abolição do Grupo Xisto-Gresoso, passando o Subgrupo Inkisi a constituir uma unidade litostratigráfica individual, separada das unidades que a precedem, Sansícuia a M’Pioka, incluídas no Grupo Congoliano Ocidental. A exclusão de Inkisi do Grupo Congoliano Ocidental e a abolição do Grupo Xisto-Gresoso baseou-se no trabalho de Álvarez et al (1995), segundo o qual esta unidade seria pós Pan-Africana visto não apresentar quaisquer evidências de metamorfismo. Contudo, os dados apresentados nesta Dissertação contrariam Álvarez et al (1995), mostrando que as rochas de Inkisi foram sujeitas a metamorfismo de baixo grau, indo ao encontro das observações de Stanton (1963). Como tal, optou-se por manter a designação Xisto-Gresoso para o agrupamento das Formações M’Pioka e Inkisi.

A sequência litoestratigráfica do Grupo Congoliano Ocidental (Tabela 8.1) reflecte a deposição de sedimentos numa bacia sedimentar sujeita a um processo gradual de extensão e concomitante subsidência, periodicamente interrompida por emersão (fenómeno este que marca as transições entre subgrupos) e posterior inversão tectónica (Fig. 8.5). Segundo Stanton et al (1963), esta sequência, com

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

espessura máxima de 14000 m, apresenta unidades lito-estratigráficas que manifestam uma persistência lateral de fácies notável (por mais de 1000 km em alguns horizontes meta-carbonatados), indicando condições de deposição uniformes na bacia durante longos períodos de tempo.

A descrição que se segue é feita, salvo indicação em contrário, segundo as notícias explicativas das cartas geológicas B-33/I-O (São Salvador) e B-33/J-P (Maquela do Zombo) [Stanton et al. 1962; Stanton, 1963].

A sedimentação na bacia iniciou-se com a deposição do Subgrupo Sansícua (até 4700 m de espessura), o qual compreende três formações (anteriormente subgrupos):

- Lulumba (ou S1), com espessura até 1000m, composto essencialmente por meta-arcoses grosseiras, xistos argilosos e quartzitos, com meta-conglomerados basais, depositados em ambiente marinho de baixa profundidade, localmente acompanhados por rochas vulcânicas quer máficas quer félsicas. Segundo Schermerhorn (1981b), as meta-arcoses grosseiras reflectem a erosão de granitos e gneisses do soco cristalino arcaico, apresentando indicadores de paleocorrentes que denunciam transporte de Oeste;
- Uonde (ou S2), constituída por uma espessa sequência turbidítica de xistos argilosos/siltosos carbonosos com estratificação gradada fina, com intercalações de xistos quartzíticos (>1000m de espessura), depositados em ambiente profundo, redutor, abaixo do nível de acção das ondas;
- Terreiro (ou S3), com espessura até 2500m, compreende alternâncias de xistos argilosos, por vezes carbonosos, meta-grauvaques feldspáticos, quartzitos, calco-xistos e meta-calcários (por vezes silicificados), traduzindo a diminuição progressiva da profundidade da bacia. Regista-se um incremento para o topo da componente carbonatada dos sedimentos.

A deposição do Subgrupo Sansícu termina com a emersão de pelo menos grande parte da bacia, induzindo um certo grau de erosão na Formação do Terreiro.

O Subgrupo Alto Chiloango (até 1600m de espessura) compreende duas formações:

- Mouyonzi: constituída na base por uma espessa unidade de tilóides/diamictitos (com clastos – seixos a blocos - de origem intra e extrabacinal, e vulcânica intraformacional), intercalados com camadas de litologia diversa (Schermerhorn, 1981a). Em Angola é denominada Tilóide Inferior (ou M0) e corresponde, segundo Schermerhorn (1981b), a depósitos de *mud-flows* submarinos com cerca de 500m de espessura, desencadeados por forte e abrupta subsidência da bacia (cerca de 900m; Stanton et al, 1963). Os indicadores de paleocorrentes desta unidade em Angola indicam fornecimento de sedimentos dos quatro quadrantes, constituindo a primeira evidência para a presença de duas estruturas

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

perpendiculares ao eixo de abertura da bacia: o Bloco de M'Bridge e o Bloco de Malange, possíveis *horsts* do soco cristalino. O movimento associado a estas elevações está relacionado com a presença de falhas, ao longo das quais terá ascendido o magma responsável pelas rochas vulcânicas presentes nesta unidade (Schermerhorn, 1981b). Os tilóides/diamictitos são cobertos em concordância por uma sucessão monótona de xistos carbonosos finamente laminados, de origem turbidítica, apresentando estratificação gradada (M1), sendo extremamente comum a presença de pirite, sob a forma de pequenos cubos disseminados e/ou de grãos alongados que marcam os planos de estratificação e clivagem dos xistos carbonosos, originando uma lineação provocada pela recristalização na direcção do transporte tectónico; a pirite encontra-se por vezes acompanhada por quantidades menores de calcopirite. Segue-se uma unidade (M2) constituída predominantemente por xistos argilosos na base, os quais dão gradualmente lugar a meta-grauvaques com estratificação entrecruzada, acompanhados por meta-calcários e quartzitos, a topo;

- Sekelolo: novo episódio de subsidência da bacia, ainda que em menor escala que o que despoletou a deposição da formação anterior, provocou a deposição de areias litorais no interior da bacia, dando origem a um fino mas persistente horizonte de quartzitos (Se0 – até 40m de espessura); localmente, este horizonte é precedido por tilóides/diamictitos. Esta unidade é coberta por 90 a 150m de xistos argilosos com laminação extremamente fina (Se1), evidenciando baixas taxas de sedimentação, aos quais se sobrepõem 25 a 40m de finas intercalações de calco-xistos e meta-calcários (Se2a). O membro superior desta formação (Se2b) é constituído por uma espessura muito variável (< 120m) de meta-calcários ricos em matéria carbonosa (Se2b), nos quais se regista por vezes a presença de pirite, marcando diminuição no fornecimento de sedimentos terrígenos à bacia.

O Subgrupo Xisto-Calcário (cerca de 2100 m de espessura) corresponde a um ciclo carbonatado, com diminuto acarreo terrígeno. Apresenta na sua base uma unidade de (meta-)tilóides/(meta-)diamictitos (C0), menos espessa (5 a 200 m, geralmente 10 a 50 m) e mais carbonatada do que M0, constituída por clastos intra (maioritariamente calcários erodidos de Se2b) e extrabaciais (de natureza ígnea e metamórfica por erosão de rochas cratónicas). A esta unidade sobrepõe-se um horizonte muito fino (5-15 m) mas persistente de meta-calcários dolomíticos laminados (C1), indicando deposição rítmica numa bacia profunda. Nesta unidade a pirite disseminada está presente localmente, tendo também sido registadas películas de malaquite marcando os planos de estratificação e, numa situação, quantidades menores de calcocite e bornite. Segue-se uma unidade turbidítica espessa (até 400 m) constituída por camadas alternadas de meta-calcários e calco-xistos ou meta-calcários argilosos (C2), frequentemente com pirite disseminada, raramente acompanhada por calcopirite e bornite. Sobre estes depositaram-se meta-calcários e meta-calcários dolomíticos (C3, C4 e C5 – máximo de 1700 m de

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

espessura), alguns dos quais pontuados por fluxos súbitos de material silto-argiloso, com proveniência de Este; correspondem a formações de águas pouco profundas, com níveis calcareníticos, oolíticos e estromatolíticos, apresentando por vezes estratificação entrecruzada e *ripplemarks*. A formação C5 é dividida em dois membros: C5a (inferior) e C5b (superior); o primeiro é constituído predominantemente por xistos argilosos e calco-xistos finamente laminados, e o segundo por espessos meta-calcários e meta-calcários dolomíticos. Em certos níveis de C3 e C4 é frequente a presença de pirite, a qual se faz acompanhar, localmente, por calcopirite e/ou bornite. O facto de os indicadores de paleocorrentes denunciarem acarreo de material apenas do quadrante Este constitui evidência de que o Bloco de M'Bridge e o Bloco de Malange se encontravam submersos durante a deposição deste subgrupo (Schermerhorn, 1981), encontrando-se a bacia completamente aberta para Oeste. Esta observação é ainda corroborada pelo registo de manchas correspondentes a este subgrupo na zona de Malange, na Folha 1 da Carta Geológica de Angola à escala 1:1000000 (Carvalho H., 1982).

Segundo Stanton (1963), a deposição do Subgrupo Xisto-Calcário cessou com o início de movimentos diastróficos de maior amplitude e mais prolongados do que os movimentos epirogénicos anteriormente verificados, tendo provocando forte elevação das margens da bacia e do Bloco de M'Bridge. Este último formou uma barreira de direcção NE-SW entre o noroeste de Angola e a província do Baixo Congo na RDC, tendo provocado uma divisão temporária da bacia do Congo Ocidental, dando origem à Bacia de Bungo, de maior profundidade, a sudeste, em Angola (Schermerhorn, 1981b) e a uma outra, menos profunda, a noroeste. Estes eventos parecem ter marcado o começo do período de inversão tectónica da bacia do Congo Ocidental, dando início à deposição da Formação de M'Pioka do Subgrupo Xisto-Gresoso.

Na Bacia de Bungo depositaram-se mais de 5000 metros de sedimentos do tipo *flysch* (na bacia a noroeste do Bloco de M'Bridge a Fm de M'Pioka apresenta menor espessura): meta-grauvaques, meta-arcoses, xistos argilosos e alguns horizontes de quartzitos oriundos do soco cristalino (Schermerhorn, 1981b). Junto ao Bloco de M'Bridge as unidades da Fm de M'Pioka passam lateralmente a uma unidade estratigráfica (P0) constituída por fácies conglomeráticas meta-calcárias resultantes da erosão das formações do Subgrupo Xisto-Calcário aquando da elevação daquele. Assim, o contacto entre o Subgrupo Xisto-Calcário e a Fm de M'Pioka apresenta forte discordância nas proximidades de M'Bridge, sendo feito em concordância no resto da bacia (Schermerhorn, 1981b). O facto de a unidade P0 se apresentar como equivalente lateral de todos os horizontes constituintes de M'Pioka, aponta para erosão contínua do Subgrupo Xisto-Calcário (e como tal, progressão contínua do *uplift*) ao longo de todo o período de deposição de M'Pioka. O *uplift* do Bloco de M'Bridge foi fortemente heterogéneo, tendo sido muito mais acentuado na zona sudoeste, onde houve erosão de cerca de 4000 metros de sedimentos dos subgrupos anteriores (visto que a superfície de erosão corta até ao membro S3d da Fm do Terreiro), em oposição aos 200 a 300 metros erodidos na zona nordeste do mesmo (Stanton et al, 1963; Schermerhorn, 1981b). Num estágio tardio da deposição da Fm de M'Pioka, a zona sudoeste do Bloco de

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

M'Bridge, mais erodida, entrou em subsidência, tendo-se depositado os meta-grauvaques que constituem uma unidade litoestratigráfica de carácter local: a Formação de M'Bridge. Estes eventos constituem mais uma evidência em favor da presença (e basculamento) de um *horst* do soco cristalino (Stanton et al, 1963). À Fm de M'Pioka sobrepõe-se a Fm de Inkisi, que compreende um membro de base (I1, com espessura máxima de 400 m), constituído por meta-arenitos arcósicos grosseiros, e um superior (I2, com espessura mínima de 800 m) constituído por meta-grauvaques líticos a feldspáticos de grão médio, ambos manifestando estratificação entrecruzada, característica de ambientes de baixa profundidade.

Em Angola, o Subgrupo Xisto-Gresoso é sobreposto pelos depósitos continentais de Kwango/Karoo (Cretácico Superior) e do Kalahari (Terciário).

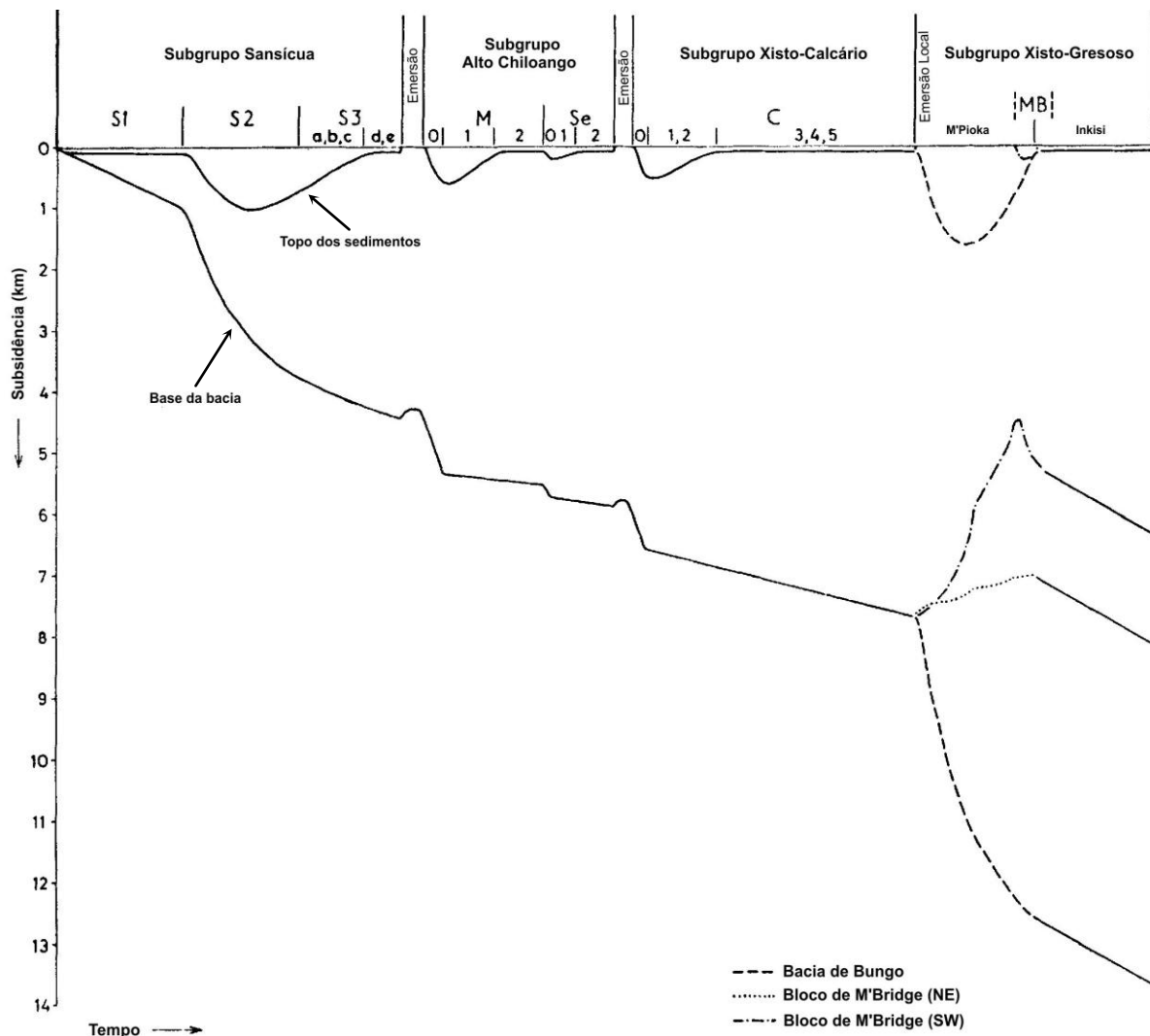


Fig. 8.5: Diagrama mostrando a subsidência e sedimentação na Bacia do Congo Ocidental no NW de Angola. O eixo do tempo é arbitrário. A curva de subducção mostra a depressão da bacia, deduzida da espessura das unidades sedimentares (compactação não tida em consideração). Fonte: Schermerhorn&Stanton (1963)

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

Cinturão do Congo Ocidental (Gabão - República Popular do Congo - República Democrática do Congo - Angola)							
Idade (Ma)	Supergp	Gp	Subgp	Formação	Membro	Litologia	Depósito
< 566	Supergrupo do Congo Ocidental	Congoliano Ocidental	Xisto-Gresoso	Inkisi	I2	Meta-grauvaques líticos a feldspáticos com estratificação entrecruzada	
					I1	Meta-arenitos arcóscicos com estratificação entrecruzada	
				M'Poka	M'Bridge	Meta-grauvaques	
						Meta-grauvaques, meta-arcozes, xistos argilosos e meta-conglomerados (P0); localmente quartzitos	
			Xisto-Calcário	C5		Meta-calcários e meta-calcários dolomíticos; localmente xistos argilosos, calco-xistos, calcarenitos, meta-calcários colíticos e estromatolíticos e chertes	Bemba-Kilenda, Kussu e Toni (RDC); Mindouli, M'Passa e M'Fouati (RPC); Mavoio-Tetelo e Bembe (Angola)
					C4		
					C3		
					C2		
					C1		
				Tilóide Superior (C0)		Intercalações de meta-calcários e calco-xistos	
						Meta-calcários dolomíticos laminados	
						(Meta-)Diamictito	
< 910			Alto-Chiloango	Sekelolo	Se2b	Meta-calcários ricos em matéria carbonosa	
					Se2a	Alternâncias de xistos argilosos e meta-calcários	
					Se1	Xistos argilosos fortemente laminados	
					Se0	Quartzitos; localmente tilóides/diamictitos	
			Mouyonzi		M2	Xistos argilosos na base passando a meta-grauvaques, meta-calcários e quartzitos a topo	
					M1	Xistos carbonosos finamente laminados com estratificação gradada	
					Tilóide Inferior (M0)	(Meta-)diamictito; localmente meta-vulcânicas máficas	
			Sansicua	Terreiro		Alternâncias de xistos argilosos, por vezes carbonosos, meta-grauvaques feldspáticos, quartzitos, calco-xistos e meta-calcários (por vezes silicificados)	
						Xistos argilosos/siltosos carbonosos com estratificação gradada	
						Meta-arcozes grosseiras, xistos argilosos e quartzitos; meta-conglomerados na base; localmente meta-vulcânicas máficas e félsicas	
< 920		Matombiano				Meta-riólitos; rochas meta-vulcânicas e vulcano-sedimentares intruídas por (micro)granitos	
≈ 1000		Zadiriiano				Meta-basaltos de Gangila (topo) Meta-sedimentos siliciclásticos Xistos quartzíticos e biotíticos, localmente com meta-conglomerados, intercalados por meta-riólitos	

Tabela 8.1: Síntese da informação lito-estratigráfica, geocronológica e metalogenética publicada para o Cinturão de do Congo Ocidental. Fontes: Stanton et al. (1962), Stanton (1963), Schermerhorn e Stanton (1963), Schermerhorn (1981a e b), Tack et al. (2001) e Kanda Nkula et al. (2003)

8.3.2 - Terrenos Montanhosos de Otavi – Cinturão de Damara (Namíbia)

O Cinturão de Damara, onde se localizam os Terrenos Montanhosos de Otavi (TMO), corresponde ao ramo intracontinental de direcção NE-SW do Orógeno de Damara, um dos vários orógenos/cinturões Pan-Africanos, o qual compreende ainda um ramo litoral de direcção aproximadamente N-S, composto pelos cinturões de Kaoko, a N, e de Gariep, a Sul (Laukamp, 2006).

A evolução do Cinturão de Damara iniciou-se com uma fase de *rifting* continental, da qual resultou a fragmentação do supercontinente Rodinia, através da formação de um sistema do tipo *horst-graben* de orientação geral NE-SW (Laukamp, 2006). O desenvolvimento deste sistema foi acompanhado por movimentos de cinemática esquerda ao longo dos alinhamentos de direcção NE-SW, dividindo este cinturão em três domínios estruturais (zonas de rifte): Setentrional, Central e Meridional (Porada, 1989; Laukamp, 2006; Fig. 8.6). Esta fase inicial de *rifting* continuou com o estiramento progressivo da bacia de que resultou a invasão dos riftes pelas águas do mar, sendo a formação de crosta oceânica aparentemente limitada apenas a uma hipotética quarta zona de rifte, o Rifte de Khomas (Porada, 1989). A inversão tectónica, convergência e subsequente colisão entre os cratões do Congo-São Francisco, Kalahari e Rio de la Plata (Laukamp, 2006), dando origem ao Orógeno de Damara, marcam o culminar de um processo que se terá estendido por um espaço temporal de cerca de 250 Ma (Kamona & Gunzel, 2007 e referências aí citadas).

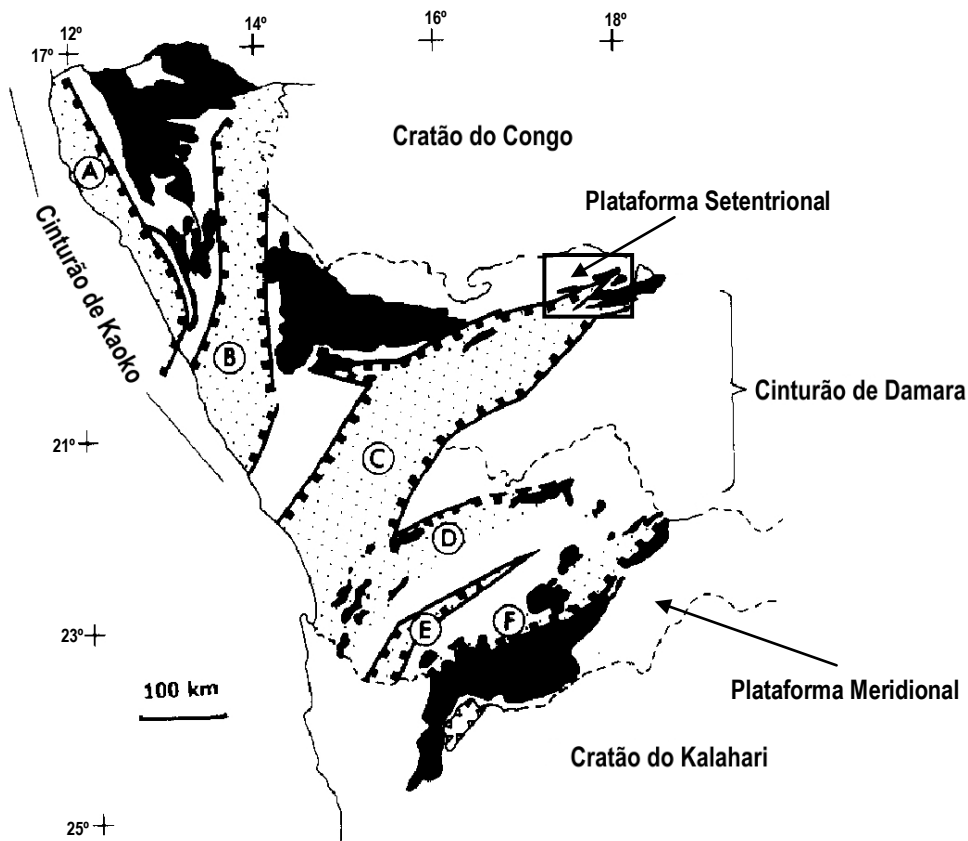


Fig. 8.6: Localização dos riftes intracontinentais durante a fase inicial de desenvolvimento dos cinturões de Damara e Kaoko. A – Rifte de Kaoko, B – Rifte de Sesfontein, C – Rifte Setentrional, D – Rifte Central, E – Rifte de Khomas (presumido), F – Rifte Meridional; caixa - localização da TMO. Adaptado de Porada (1989)

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

A intensidade de deformação e metamorfismo no Cinturão de Damara (pico metamórfico entre 535-530Ma) diminui de sul para norte (Laukamp, 2006), tendo atingido a fácies dos xistos verdes superior na zona central do cinturão; na zona da Plataforma Setentrional, domínio de *foreland*, a deformação e o metamorfismo fizeram-se sentir de forma menos significativa, sendo a deformação caracterizada por uma série de estruturas sinclinais e anticlinais de direcção geral E-W (Chetty & Frimmel, 2000) e apresentando metamorfismo de fácies dos xistos verdes inferior ou mesmo de fácies da prenite-pumpeleíte (Laukamp, 2006).

De acordo com Sohnge (1972, citado por Laukamp, 2006), as direcções principais NE-SW e E-W apresentadas pelas estruturas do Cinturão de Damara representam uma herança estrutural do soco Paleoproterozóico.

7.3.2.1 – Lito-estratigrafia do Supergrupo de Damara dos TMO

A província metalogenética polimetálica dos TMO (Fig. 8.6) localiza-se no bordo meridional do Cratão do Congo, na transição entre o rifte e a plataforma setentrionais. As unidades do Neoproterozóico que nela afloram fazem parte do Supergrupo de Damara (conjunto de unidades lito-estratigráficas depositadas durante a evolução do cinturão de mesmo nome), e assentam em forte discordância sobre o soco Paleoproterozóico formado durante a Orogenia Eburneana (Minz, 2008). O supergrupo é constituído por três grupos principais: Nosib, Otavi e Mulden. A descrição que se segue da lito-estratigrafia (Tabela 8.2) de cada um destes grupos tem por base o trabalho de Kamona & Gunzel (2007) e referências nele contidas (salvo indicação em contrário).

Grupo Nosib:

Este grupo resulta da sedimentação siliciclástica no sistema do tipo *horst-graben*, de direcção geral NE-SW, resultante da fase de *rifting* intracontinental responsável pela fragmentação de Rodínia; a sedimentação teve início há mais de 756 Ma (idade do sienito de Oas que intrui este grupo), e prolongou-se no mínimo até há 746 Ma, idade das rochas metavulcânicas bimodais constituintes da Formação Askeveld.

O grupo é constituído: 1) por uma unidade de base, a Formação de Nabis, compreendendo essencialmente rochas meta-conglomeráticas basais e meta-arenitos feldspáticos; e 2) pela Formação de Askeveld, constituída por intercalações de rochas metavulcânicas (meta-epidositos e meta-tufos leucíticos) em xistos argilosos.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Grupo Otavi:

A deposição do Grupo Otavi, constituído predominantemente por uma espessa (até 4500m) sequência de rochas carbonatadas, terá decorrido entre os 746 Ma (idade mínima da base deste Grupo) e o(s) evento(s) de colisão intercratónica, de idade compreendida entre 630 e 550 Ma, num ambiente de plataforma carbonatada na margem meridional do cratão do Congo (Minz, 2008). O grupo divide-se em dois subgrupos, Abenab e Tsumeb, cada um deles marcado na base pela presença de um nível diamictítico, as formações de Varianto (< 746 Ma) e de Ghaub (± 635 Ma).

O Subgrupo Abenab é constituído, da base para o topo, por quatro formações. 1) Formação de Varianto, que assenta em discordância sobre o Grupo, corresponde a um diamictito constituído por seixos angulosos a subangulosos de natureza diversa, entre os quais siltito, arenito feldspático e fragmentos vulcânicos, envoltos numa matriz xistosa de natureza feldspática a ferruginosa; 2) Formação de Berg Aukas, constituída essencialmente por camadas meta-dolomíticas maciças, laminadas e estromatolíticas, apresentando localmente intercalações de material clástico retrabalhado do Grupo Nosib ou do soco Paleoproterozóico. Nas partes ocidental e central das TMO as camadas inferiores consistem em xistos argilosos alternados com meta-dolomitos que apresentam abundante pirite autigénica e terminam por um nível de natureza algal. Para o topo da unidade surgem meta-chertes oolíticos e meta-dolomitos estromatolíticos e oolíticos; 3) Formação de Gauss, sequência meta-dolomítica com megadomas estromatolíticos, apresentando porosidade primária parcialmente colmatada por dolomite espática, esfalerite, galena e cherte; 4) Formação de Auros, que corresponde a 3 ciclos de sedimentação carbonatada, cada um marcado pela presença de xistos argilosos calcários na base, a que se seguem meta-dolomitos maciços, e, mais acima, meta-calcários estromatolíticos. Localmente observam-se camadas ou corpos irregulares de cherte, com núcleos de galena e esfalerite, nas camadas meta-calcárias e meta-dolomíticas.

O Subgrupo Tsumeb é também composto por 4 formações, todas divididas em 3 membros excepto a mais antiga.

- 1) A formação de Ghaub é um diamictito constituído sobretudo por clastos meta-dolomíticos, meta-calcários e quartzíticos derivados das unidades do Subgrupo Abenab, do Grupo Nosib e dos gneisses e granitos do soco Paleoproterozóico, no seio de uma matriz fina. As datações efectuadas dão-lhe uma idade de 635.5 ± 1.2 Ma;
- 2) A formação de Maieberg apresenta um membro inferior meta-dolomítico que representa localmente o episódio global de deposição carbonatada subsequente à glaciação global marinoana (pré-Ediacara), e um membro intermédio composto por meta-calcários argilosos com sulfuretos disseminados (pirite, pirrotite e marcassite), aos quais se sobrepõem meta-calcários laminados com intercalações de xistos argilosos destituídos de sulfuretos; o membro superior

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

corresponde a um meta-dolomito de grão fino, com brechificação frequente no contacto com os meta-calcários subjacentes;

- 3) A formação de Elandshoek consiste em três unidades de natureza meta-dolomítica. O membro basal é constituído por meta-dolomitos detríticos (*grainstones*), o membro central é igualmente meta-dolomítico, mas tem alternâncias de chertes oolíticos e estromatolíticos, e o membro superior é formado por ciclos menores de vasas meta-dolomíticas (*mudstones*), a que se sobrepõem metedomitos bioconstruídos (*boundstones*), onde se observam frequentemente domínios silicificados e bandas de chertes estromatolíticos.
- 4) A formação de Huttenberg consiste, na base, em meta-dolomitos e meta-dolomitos estromatolíticos com numerosas bandas de cherte; o membro intermédio é constituído por meta-dolomitos, meta-calcários (pouco significativos) e intercalações finas de xistos argilosos e cherte, registando-se ainda a presença de um nível evaporítico (anidrite+gesso); a topo regista-se a presença de meta-dolomitos e horizontes proeminentes de meta-chertes oolíticos.

Grupo Mulden

Este Grupo assenta em forte discordância sobre o grupo anterior, correspondendo a uma unidade lito-estratigráfica de natureza siliciclástica com uma espessura superior a 2000 m. É interpretada como uma sequência de molássica depositada durante os estádios iniciais da orogenia de Damara numa superfície carsificada resultante da erosão das unidades subjacentes. É constituída por três formações: 1) Formação de Tschudi, que consiste num meta-conglomerado basal seguido de meta-arenitos feldspáticos e meta-grauvaques e brechas intraformacionais pouco significativos; 2) Formação de Kombat, constituída por ardósias e filitos com pirite disseminada, meta-siltitos, meta-arenitos e xistos argilosos; 3) Formação de Owambo, que consiste essencialmente em xistos argilosos, meta-siltitos, meta-arenitos e, ocasionalmente, camadas de meta-dolomitos.

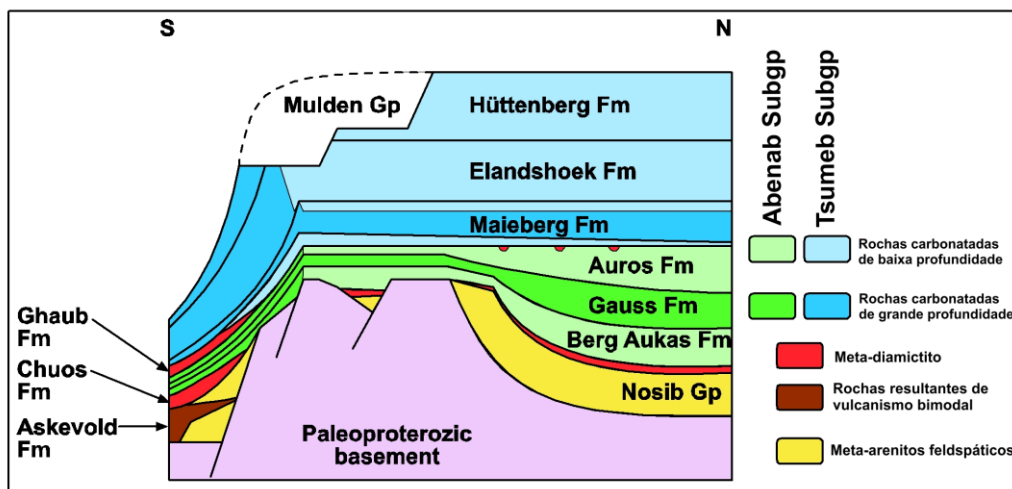


Fig.8.7: Corte esquemático de direcção N-S nos TMO, evidenciando a arquitectura da bacia e respectivas unidades lito-estratigráficas. Adaptado de Laukamp (2006)

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 8.2: Síntese da informação lito-estratigráfica, geocronológica e metalogenética publicada para o Cinturão de Damara;
Fonte: Kamona & Gunzel (2007)

Terrenos Montanhosos de Otavi - Cinturão de Damara (Namíbia)							
Idade (Ma)	Supergp	Gp	Subgp	Fm	Litologia	Depósito	
>535	Damara	Mulden		Owambo	Xistos argilosos, meta-siltitos e meta-arenitos; ocasionalmente meta-dolomitos		
				Kombat	Ardósias, meta-siltitos, meta-arenitos e xistos argilosos		
				Tschudi	Meta-conglomerados na base, meta-arenitos feldspáticos com estratificação gradada e quantidades menores de grauvaques e brechas intraformacionais	Tschudi Cu-(Ag)	
630 a 550		Otavi	Tsumeb	Huttenberg	Meta-dolomitos e meta-dolomitos estromatolíticos com bandas de chert (base); meta-dolomitos, quantidades menores de meta-calcários e intercalações de xistos argilosos e cherte, com níveis locais de evaporitos; meta-dolomitos e meta-chertes oolíticos (topo)	Kombat Cu-Pb-(Zn); Tsumeb Pb-Cu-Zn	
				Elandshoek	Meta-dolomitos do tipo <i>grainstone</i> (base); meta-dolomitos com intercalações de chertes estromatolíticos e oolíticos; meta-dolomíticos do tipo <i>mudstone</i> sobrepostos por meta-dolomitos do tipo <i>boundstone</i> (topo); localmente, conglomerados intraformacionais e pisólitos		
				Maieberg	Meta-dolomitos (base); meta-calcários argilosos e meta-calcários laminados e bandados; meta-dolomitos laminados (topo)	Abenab V; Kusib Springs Cu-Pb-Zn	
				Ghaub	Meta-diamictito		
			± 635	Abenab	Auros	Intercalações de xistos argilosos calcários, meta-calcários dolomíticos e meta-calcários estromatolíticos	Abenab-W Pb-Zn-V
					Gauss	Meta-dolomitos maciços com megadomas estromatolíticos; bandas de meta-chertes oolíticos a topo	Berg Aukas Zn-Pb-V
					Berg Aukas	Meta-dolomitos maciços, laminados e estromatolíticos; intercalações de xistos argilosos na base; meta-chertes oolíticos e meta-dolomitos estromatolíticos e oolíticos no topo	
					Varianto	Meta-diamictito, localmente apresentando fragmentos vulcânicos	
<746		Nosib		Askevold	Rochas metavulcânicas e xistos argilosos	Askevold Cu	
				Nabis	Metaconglomerados na base e meta-arenitos feldspáticos	Nosib Cu-(Ag)	
>756							

8.3.2.2 – Mineralizações nos TMO

Os TMO compreendem mais de 600 ocorrências minerais de Cu-ZnPb-V (Cairncross, 1997; citado por Laukamp, 2006), localizadas em quase todas as unidades lito-estratigráficas do Supergrupo Damara.

Desde Sohnge (1957; citado por Kamona & Gunzel, 2007) que se reconhece que a distribuição das mineralizações apresenta um certo grau de controlo estratigráfico; na verdade, todos os depósitos que possuem valor económico encontram-se hospedados nas formações meta-carbonatadas do Grupo Otavi, tanto do Subgrupo Abenab como do Subgrupo Tsumeb (Kamona & Gunzel, 2007). Em termos de predominância dos metais base estes depósitos podem ser repartidos por dois tipos: Berg Aukas, caracterizados por minérios de Zn-Pb-(V), e Tsumeb, nos quais predominam minérios de Cu-Zn-Pb. Nos restantes grupos do Supergrupo Damara, de natureza predominantemente siliciclástica, as principais ocorrências minerais são: 1) os depósitos de Cu-(Ag) de Nosib (200000t) e de Neuwerk (200000t), e de Askeveld (540000t), que ocorrem respectivamente nas formações de Nabis e de Askeveld do Grupo Nosib; 2) o depósito subeconómico de Cu de Tschudi (57Mt), hospedada na formação do mesmo nome do Grupo Mulden (Kamona & Gunzel, 2007).

Mineralizações do tipo Berg Aukas:

Encontram-se associadas ao Subgrupo Abenab, sendo comparáveis aos depósitos do tipo Mississippi Valley. Compreendem minérios do tipo Zn-Pb-V (com baixas concentrações em elementos menores) que ocorrem sob a forma de: 1) lenticulas e/ou brechas sulfuretadas subconcordantes com a estratificação; 2) sulfuretos e óxidos em brechas de colapso, discordantes com a mesma (Chetty & Frimmel, 2000). De acordo com Misiewicz (1988, citado por Laukamp, 2006) ambos os tipos de brecha devem a sua origem à dissolução dos meta-carbonatos e/ou evaporitos por circulação de fluidos hidrotermais.

Berg Aukas constitui o depósito mais importante deste tipo, com 3.73 Mt (18 wt% Zn, 5.10 wt% Pb, 0.86 wt% V₂O₅ e 10 g/t Ag; Directorate of Mines, 1969 – 1977 e Misiewicz, 1988, citados por Kamona & Gunzel, 2007).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Mineralizações do tipo Tsumeb:

Correspondem a corpos mineralizados do tipo Cu-Zn-Pb, com variações significativas da distribuição destes metais mas nitidamente mais enriquecidos em Cu do que os do tipo Berg-Aukas, compreendendo ainda por vezes quantidades assinaláveis de elementos menores/traço como As, Sb, Ag, Cd, Ge e Ga.

Encontram-se hospedados por estruturas brechificadas discordantes da estratificação, nas unidades meta-carbonatadas superiores do Subgrupo Tsumeb, localizando-se ao longo ou próximos de intersecções entre dobramentos regionais e falhas do sistema Pan-Africano (Laukamp, 2006; Kamona & Gunzel, 2007). Estas estruturas brechificadas devem a sua origem: 1) à dissolução das rochas meta-carbonatadas por acção de águas meteóricas, originando estruturas cársticas que foram posteriormente colmatadas por material siliciclástico aquando da deposição das unidades do Grupo Mulden; 2) brechificação hidrotermal promovida durante o evento mineralizante (Lombaard et al, 1986; citado por Kamona & Gunzel, 2007).

Segundo os mesmos autores Tsumeb (em exploração entre 1906 e 1996) e Kombat representam os depósitos mais importantes deste tipo com, respectivamente, 30 Mt (10.45 wt% Pb, 4.42 wt% Cu, 3.49 wt% Zn e 125 g/t Ag) e 18.5 Mt (2.79 wt% Cu, 2.14 wt% Pb e 25 g/t Ag).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

8.3.3 – Cinturão Lufiliano (República Democrática do Congo - Zâmbia)

O Cinturão Lufiliano é um cinturão Pan-Africano de forma arqueada, com a convexidade voltada para norte, localizado entre os cratões do Congo e Kalahari; abrange ambos os lados da fronteira entre a República Democrática do Congo (RDC) e a Zâmbia, estendendo-se por cerca de 700 km, com mais de 150 km de largura, (Cailteux et al, 2005; Fig. 8.8A). É constituído por uma sequência meta-sedimentar Neoproterozóica, o Supergrupo de Katanga, que assenta em discordância sobre rochas do soco cristalino Neo-Arcaico a Neoproterozóico Inferior, o qual compreende granitos, gneisses, granulitos, quartzitos e xistos argilosos (Kampunzu et al, 2009).

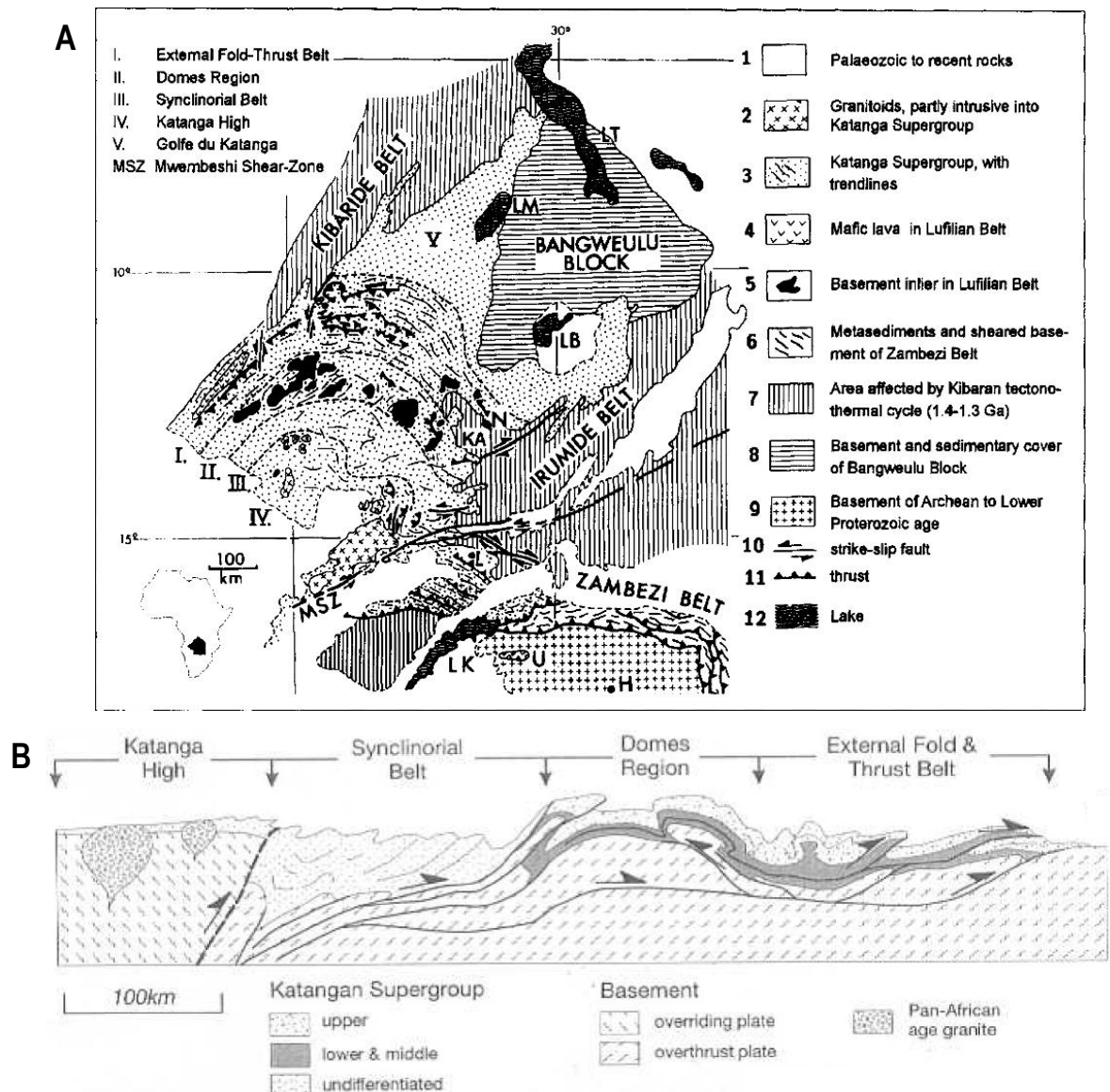


Fig. 8.8: A – Mapa geológico do Cinturão Lufiliano (fonte: Porada & Berhorst, 2000); B – Corte esquemático do Cinturão Lufiliano (fonte: Selley et al, 2005).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

O Supergrupo Katanga, com uma espessura entre 5 e 10 km, é comumente subdividido em três unidades lito-estratigráficas, da base para o topo: Roan, Nguba e Kundelungu (Tabela 8.3). As unidades do grupo Roan marcam a abertura de uma bacia de rifte intracontinental, a qual evoluiu para um estágio de rifte proto-oceânico semelhante ao verificado actualmente no Mar Vermelho, onde se depositaram as unidades do grupo Nguba. O grupo Kundelungu representa deposição sedimentar sin- a pós-orogénica, i.e., resultante do processo de inversão tectónica, convergência entre os cratões do Congo e Kalahari e fecho da bacia durante orogenia Lufiliana; estes eventos promoveram o desenvolvimento de dobras com vergência geral para N, descolamentos e cavalgamentos do soco e sequência meta-sedimentar no mesmo sentido (Cailteux et al., 2005; Fig. 8.8B). Na RDC, com excepção dos depósitos da bacia de *foreland*, pouco deformados, todas as unidades aflorantes do Supergrupo Katanga correspondem a mantos tectónicos alóctones, i.e, resultantes de descolamentos, alguns dos quais com transporte na ordem dos 150 km (Cailteux et al, 2005).

O grau metamórfico aumenta progressivamente de fácies prenite-pumpelite no bordo norte do Cinturão Lufiliano (Katanga, RDC) para fácies dos xistos verdes a anfibolíticas a sul, na região de Domes - Zâmbia (Kampunzu & Cailteux, 1999).

7.3.3.1 – Lito-estratigrafia do Supergrupo Katanga

A descrição que se segue da lito-estratigrafia de cada um dos grupos que constituem o Supergrupo Katanga tem por base os trabalhos de Selley et al. (2005), Batumike et al. (2007) e Kampunzu et al. (2009) e referências neles contidas.

Grupo Roan

É dividido em quatro subgrupos, os quais apresentam uma variação lateral de fácies entre as sequências da RDC, de natureza mais carbonatada, e da Zâmbia, de natureza mais siliciclástica: R.A.T. – Mindola, Mines – Kitwe, Dipeta – Kirilabombwe e Mwashia.

A unidade inferior, Subgrupo R.A.T., na RDC, e o equivalente lateral Mindola, na Zâmbia, foram depositadas em ambiente oxidante. O Subgrupo R.A.T. consiste de um conglomerado de base, ao qual sucedem meta-siltitos, meta-arenitos e meta-pelitos dolomíticos. O Subgrupo Mindola é constituído por um meta-conglomerado basal (Formação Chimfunsi), seguido de quartzitos de origem eólica (Formação Kafufya), os quais são cobertos por meta-conglomerados, meta-arcoses grosseiros e meta-siltitos argilosos depositados em ambiente de leque aluvial a fluvial entrançado.

Os subgrupos Mines (RDC) e Kitwe (Zâmbia), ambos constituídos por três formações, depositaram-se em ambiente evaporítico, redutor, apresentando o primeiro natureza predominantemente

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

carbonatada e o segundo siliciclástica. O Subgrupo Mines compreende as formações: 1) Kamoto, constituída por meta-siltitos dolomíticos na base, com pseudomorfoses depois de evaporitos no contacto com as unidades do subgrupo precedente, seguidos de meta-dolomitos estromatolíticos e areníticos/silicificados; 2) Dolomitic Shales, composta por xistos argilosos dolomíticos, com pseudomorfoses depois de concreções e nódulos evaporíticos na base e níveis carbonosos a topo, intercalados por meta-dolomitos areníticos; e 3) Kambove, uma sequência de meta-dolomitos estromatolíticos maciços, laminados, xistosos ou talcosos, localmente com meta-arenitos na base e intercalações de meta-siltitos no topo. O Subgrupo Kitwe é constituído pelas formações: 1) Ore Shale, que compreende meta-arenitos, meta-argilitos/siltitos, meta-dolomitos argilosos e níveis evaporitos, registando-se ocasionalmente a presença de meta-dolomitos na base; 2) Pelito-arcósico, constituído por meta-arcoses e meta-argilitos arenosos a dolomíticos; 3) Chingola, uma unidade meta-dolomítica, com camadas meta-argilíticas no topo.

Os Subgrupos Dipeta (RDC) e Kirilabombwe (Zâmbia) mostram fortes semelhanças. O primeiro apresenta na base meta-siltitos dolomíticos, aos quais se associam intercalações de meta-arenitos feldspáticos e meta-gabros intrusivos, dando gradualmente lugar a topo a meta-dolomitos, nos quais se registam camadas vulcanoclásticas máficas; o segundo exhibe uma unidade basal de xistos argilosos com areia, aos quais sucedem meta-dolomitos a meta-dolomitos areníticos com intercalações de xistos argilosos dolomíticos, registando-se ainda a presença de meta-gabros intrusivos. O evento responsável pelas rochas meta-vulcanoclásticas e pelos meta-gabros encontra-se datado por Key et al (2001; citado por Kampunzu et al., 2009) entre 765 e 735 Ma.

O Subgrupo Mwashya é essencialmente constituído por xistos argilosos dolomíticos, xistos argilosos carbonosos, meta-siltitos e meta-arenitos, registando-se na RDC a presença de níveis de meta-jaspes.

Grupo Nguba

É dividido em dois subgrupos, Muombe e Bunkeya, ambos apresentando uma variação regional de fácies, predominantemente siliciclásticas a norte, passando a carbonatadas a sul.

O Subgrupo Muombe é constituído por quatro formações: 1) Mwale (ou Grande Conglomerado), que assenta em discordância sobre o grupo precedente, é uma unidade diamictítica constituída por seixos angulosos a rolados de natureza diversa, entre os quais, quartzitos, granitos, gneisses, mica-xistos, xistos argilosos, gabros e meta-dolomitos, suportados por uma matriz de natureza predominantemente xisto argilosa dolomítica. A presença de marcas de carga, canais de erosão e de brechas intraformacionais caracterizam a transição entre o Subgrupo Mwashia e esta formação; 2) Kaponda, caracterizada pela presença de xistos argilosos e meta-siltitos a norte, passando a meta-

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

dolomitos finos, por vezes carbonosos, com intercalações de xistos argilosos dolomíticos e carbonosos, a sul; 3) Kakontwe, constituída por meta-calcários maciços, localmente com oncolíticos ou níveis meta-argilosos, e metadolomitos maciços a estratificados de granularidade variável (fina a grosseira), apresentando ocasionalmente estruturas algais, oólitos e finas intercalações de material carbonoso e meta-chertes negros; 4) Kipushi, uma unidade meta-dolomítica carbonosa, de estratificação fina, caracterizada pela presença de lenticulas de meta-chertes negros, compreendendo ainda xistos argilosos dolomíticos na zona intermédia.

O Subgrupo Bunkeya é dividido em duas formações, Katete e Monwezi, litologicamente muito semelhantes, apresentando variação de fácies de norte para sul. A norte são essencialmente constituídas por meta-arenitos arcósicos a subarcósicos, por vezes com matriz de natureza dolomítica, meta-siltitos e meta-pelitos evidenciando laminação fina ou estratificação entrecruzada; a sul, dão lugar a alternâncias de xistos argilosos dolomíticos e meta-dolomitos micríticos.

Grupo Kundelungu

Compreende três subgrupos: Gombela, Ngule e Bianco.

O Subgrupo Gombela é dividido em quatro formações. Começa com a Formação Gombela (ou Pequeno Conglomerado), uma unidade meta-diamictítica, constituída por clastos angulosos a subrolados, de dimensão reduzida e natureza diversa (meta-carbonatos, quartzo, feldspato, quartzito, meta-jaspe, xistos argilosos e granitos), resultantes de erosão de rochas do Grupo Nguba e do Subgrupo Mwashya, suportados por uma matriz argilosa a arenosa. O contacto com a Formação Lusele, constituída por camadas finas de meta-dolomitos micríticos, é feito de forma gradual com intercalações de xistos argilosos. Segue-se a Formação Kanianga, que consiste em alternâncias de xistos argilosos dolomíticos, finamente laminados, e meta-siltitos calcários/dolomíticos, as quais são cobertas por camadas alternadas de meta-calcários, ocasionalmente oolíticos, e meta-calcários arenosos da Formação Lubudi.

O Subgrupo Ngule é constituído por três formações litologicamente muito semelhantes: Mongwe, Kiubo e Sampwe. Compreendem essencialmente camadas alternadas de meta-pelitos, meta-siltitos e meta-arenitos, as quais apresentam uma importante componente dolomítica para sul, observando-se estruturas sedimentares como estratificação entrecruzada, marcas de ondulação e estratificação gradada. Localmente, na Formação Kiubo, regista-se a presença de camadas métricas de meta-dolomitos e meta-calcários areníticos, ambas apresentando nódulos de cherte.

O Subgrupo Bianco assenta em conformidade sobre a Formação Sampwe, correspondendo a uma unidade sub-horizontal constituída por meta-arcoses de grão fino a grosseiro, os quais compreendem níveis conglomeráticos intraformacionais.

Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)

Tabela 8.3: Síntese da informação lito-estratigráfica, geocronológica e metalogenética publicada para o Cinturão Lufiliano; Fontes: Selley et al. (2005), Cailteux et al. (2005, 2007); Batumike et al. (2007), Kampunzu et al. (2009) e Haest (2009)

Cinturão Lufiliano (RDC - Zâmbia)											
Idade (Ma)	Supergp	Gp	Subgp	Formação	Litologia	Depósito					
< 575		Kundelungu	Biano		Meta-arcoses, meta-conglomerados e meta-arenitos argilosos						
			Ngule	Sampwe	Alternâncias de meta-pelitos, meta-siltitos e meta-arenitos com importante componente dolomítica a sul; localmente meta-dolomitos e meta-calcários areníticos com nódulos de cherte		Dikulushi Cu-Ag; Kikonkula Cu				
				Kiubo							
				Mongwe							
			Gombela	Lubudi	Camadas alternadas de meta-calcários, ocasionalmente oolíticos, e meta-calcários arenosos	(Cu-Co)					
				Kanianga	Alternâncias de xistos argilosos dolomíticos e meta-siltitos calcários/dolomíticos						
		Lusele		Meta-dolomitos micríticos; intercalações de xistos argilosos na base							
		Kyandamu (Pequeno Conglomerado)		Meta-diamictito							
		± 635	Nguba	Bunkeya	Monwezi	Meta-arenitos arcósicos, meta-siltitos e meta-argilitos dolomíticos; localmente meta-dolomitos	(Cu-Co)				
					Katete	Meta-arenitos arcósicos, meta-siltitos e meta-pelitos, por vezes dolomíticos, a norte; alterações de xistos argilosos dolomíticos e meta-dolomitos a sul; pseudomorfoses depois de evaporitos	Kipushi Zn-Cu-Pb; Kabwe Zn-Pb Kengere Zn-Pb; Lombe Zn-Pb;				
Muombe	Kipushi			Meta-dolomitos carbonosos, com lenticulas de meta-chertes negros; xistos argilosos dolomíticos na zona central							
	Kakontwe			Meta-calcários e meta-dolomitos; localmente estruturas algais, oólitos e finas intercalações de material carbonoso/argiloso e/ou meta-chertes negros							
	Kaponda			Xistos argilosos, por vezes arenosos ou margosos, e meta-siltitos a norte; meta-dolomitos finos, por vezes carbonosos, com intercalações de xistos argilosos dolomíticos e carbonosos a sul							
	Mwale (Grande Conglomerado)			Meta-diamictito	(Cu-Co)						
735 - 765 ^{±2}	Katanga	RDC					Zâmbia				
		Gp	Subgp	Formação	Litologia	Depósito	Depósito	Litologia	Formação	Subgp	
		Roan	Mwashya	Kanzadi	Meta-arenitos ou alterações de meta-siltitos e xistos argilosos	(Cu-Co)		Xistos argilosos dolomíticos e/ou carbonosos e meta-arenitos		Mwashia	
				Kafubu	Xistos argilosos carbonosos						
				Kamoya	Xistos argilosos, meta-siltitos e meta-arenitos dolomíticos						
			Dipeta	Kansuki	Meta-dolomitos, incluindo camadas vulcanoclásticas	(Cu-Co)		Meta-dolomitos a meta-dolomitos areníticos intercalados com xistos argilosos dolomíticos; meta-gabros intrusivos	Bancroft Kanwangungu	Kiriabombwe	
				Mofya	Meta-dolomitos, meta-dolomitos areníticos e meta-siltitos dolomíticos						
				R 3.2	Meta-siltitos dolomíticos com intercalações de meta-arenitos feldspáticos; meta-gabros intrusivos						
				RGS	Meta-siltitos dolomíticos						
			Mines	Kambove	Meta-dolomitos estromatolíticos maciços, laminados, xistosos ou talcosos; localmente, meta-arenitos na base	(Cu-Co)		Meta-dolomitos com camadas de meta-argilitos no topo	Chingola	Kitwe	
Dolomitic shales	Xistos argilosos dolomíticos, com pseudomorfoses depois de concreções; nódulos evaporíticos na base e níveis carbonosos a topo, intercalados por meta-dolomitos areníticos			Cu-Co	Meta-arcoses e meta-argilitos arenosos a dolomíticos	Pelito-arcósico					
Kamoto	Meta-dolomitos estromatolíticos (topo), meta-dolomitos silicificados e meta-siltitos dolomíticos (base); pseudomorfoses depois de evaporitos			Cu-Co	Meta-arenitos, meta-dolomitos argilosos, meta-argilitos e níveis evaporíticos; ocasionalmente meta-dolomitos na base.	Ore Shale					
< 880			R.A.T.		meta-siltitos, meta-arenitos e meta-pelitos dolomíticos; meta-conglomerados com seixos e cascalho na base		(Cu-Co)	Meta-conglomerados, meta-arcoses grosseiros e meta-siltitos argilosos	Mutonda	Mindola	
								Quartzitos	Kafufya		
								Meta-onglomerados com seixos e cascalho	Chimfunsi		

7.3.3.2 – Mineralizações no Cinturão Lufiliano

A sequência meta-sedimentar Neoproterozóica do Cinturão Lufiliano hospeda uma das maiores províncias metalogenéticas do mundo, o famoso Cinturão Cuprífero Centro-Africano, compreendendo: 1) depósitos estratiformes de Cu-Co, alguns dos quais de classe mundial (>10Mt de Cu), totalizando mais de 140 Mt de Cu e 6 Mt de Co (Cailteux et al, 2005); 2) depósitos discordantes de Cu-Zn-Pb, incluindo quantidade variáveis mas de importante significado económico de elementos menores/traço como As, Cd, Bi, Co, V, Ag, Ge e Ga.

Depósitos Estratiformes de Cu-Co

Estes depósitos apresentam-se sob a forma de corpos mineralizados de Cu-Co sub-concordantes à estratificação, a qual cortam a ângulos muito baixos, com espessura média de 20 a 25 e extensão lateral de centenas de metros a poucos quilómetros. Encontram-se hospedados em litologias predominantemente siliciclásticas (essencialmente xistos argilosos e meta-siltitos, mas também em meta-arenitos e/ou meta-carbonatos de grão fino), ricas em matéria orgânica, típicas de ambiente lacustre a marinho de baixa profundidade, depositadas sob condições redutoras e, pontualmente, evaporíticas (Cailteux et al, 2005).

Muito embora se registem ocorrências de mineralizações estratiformes de Cu-Co em todos os grupos que constituem a sucessão meta-sedimentar do Supergrupo Katanga (Tabela 7.3), os depósitos com importância económica significativa apresentam um controlo estratigráfico notável, encontrando-se restritos à formação Kamoto e à base da formação Dolomitic Shales do Subgrupo Mines, na RDC, e à formação de base (Ore Shale) do seu equivalente lateral na Zâmbia, o Subgrupo Kitwe (Cailteux et al, 2005; Selley et al, 2005; Dewaele et al, 2006).

Depósitos Discordantes de Cu-Zn-Pb

São hospedados essencialmente por rochas meta-carbonatadas, predominantemente dolomíticas, ricas em matéria orgânica, manifestando forte controlo estrutural, porquanto se encontram sempre em íntima associação com falhas de forte pendora, de direcção sub-perpendicular à estruturação do cinturão (Kanda Nkula et al, 2003), que cortam as unidades meta-sedimentares dos grupos Nguba e Kundelungu (Haest, 2009). Os corpos mineralizados evidenciam relações de corte com a estratificação apresentando-se sob a forma de: 1) lentículas mineralizadas com desenvolvimento a partir do plano de

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

falha, sub-concordantes à estratificação; e 2) brechas mineralizadas de natureza cataclástica e/ou cársica (Kampunzu et al. 2009).

Podem ser divididos em dois sub-tipos consoante a predominância de metais-base e o nível estratigráfico em que se encontram:

- Depósitos do tipo Zn-Pb-Cu hospedados nas formações Kaponda, Kakontwe, Kipushi e Katete do Grupo Nguba;
- Depósitos do tipo Cu(-Zn-Pb), no contacto entre o subgrupo Gombela, predominantemente carbonatado, e o subgrupo Ngule, principalmente siliciclástico, do Grupo Kundelungu.

Os depósitos economicamente mais importantes do sub-tipo Zn-Pb-Cu são: 1) Kipushi, na RDC, com teores médios de 11.03 wt.% Zn e 6.80 wt. % Cu, tendo produzido cerca de 6.6 Mt de Zn e 4 Mt de Cu entre 1922 e 1993; 2) Kabwe, na Zâmbia, com uma tonelagem pré-exploração de 12.28 Mt com teores médios de 25 wt.% Zn e 10.7 wt. % Pb (Kampunzu et al., 2009). No que respeita aos depósitos de Cu(-Zn-Pb), o mais importante é Dikulushi, com tonelagem estimada em 1.94 Mt a teores médios de 8.5 wt. % Cu e 266 g/t de Ag (Kanda Nkula et al., 2003).

8.3.4 – Outras unidades Neoproterozóicas do território Angolano

No território Angolano, para além do Supergrupo do Congo Ocidental, fazem parte do sistema Neoproterozóico de Cinturões Pan-Africanos:

- As Formações Lunda e Cartuchi-Camaungo, do Grupo da Lunda, na região de mesmo nome no NE angolano (Pereira et al., 2010), equivalentes ao Subgrupo Xisto-Gresoso do Cinturão do Congo Ocidental (Carvalho, 1982). São constituídas por meta-arenitos, meta-arcoses, meta-grauvaques, filitos, metaquartzitos grosseiros e meta-conglomerados;
- 2) Os Grupos Malombe Superior e Macondo, localizados na zona E do território angolano (Alto Zambeze, na fronteira com a Zâmbia), sendo considerados o prolongamento em território angolano do Cinturão Lufiliano, correspondentes aos grupos Roan e Kundelungu do Supergrupo Katanga (Carvalho, 1982; Pereira et al., 2010). Compreendem, respectivamente: 1) meta-diamictitos, meta-grauvaques, meta-arcoses, quartzitos e mármore e 2) meta-diamictitos (Grande Conglomerado), meta-siltitos, meta-arenitos, meta-cherts e meta-calcários (Pereira et al., 2010).
- 3) Os Grupos Chela e Espinheira, localizados na zona de lona e no planalto de Humpata (somente o Grupo Chela), a SW junto à fronteira com a Namíbia, correspondem ao prolongamento para norte do cinturão de Kaoko, extensão noroeste do cinturão de Damara (Carvalho, 1982; Porada, 1989; de Araújo et al., 1998; Pereira et al., 2010). De acordo com Araújo et al. (1998), o Grupo Chela é dividido em duas formações: 1) Humpata, que compreende meta-conglomerados polimícticos, quartzitos e meta-arenitos quartzosos, meta-argilitos e rochas meta-vulcanoclásticas de grão fino; e 2) Leba, constituída por calcários e dolomitos maciços e/ou laminados, com intercalações de material silicioso, oólitos e estromatólitos. Segundo Porada (1989), a base do Grupo Chela é equivalente ao Grupo Nosib dos cinturões Pan-Africanos da Namíbia. O Grupo Espinheira compreende mármore, meta-calcários dolomíticos, anfibolitos, quartzitos, micaxistos e gneisses (Pereira et al., 2010).

Apesar de não se conhecerem, até à data, mineralizações de interesse económico inequívoco nestas unidades meta-sedimentares Neoproterozóicas, estão identificadas diversas pequenas ocorrências e indícios de mineralização cuprífera nas unidades equivalentes aos Cinturões de Kaoko-Damara e Lufiliano, as quais por vezes se encontram nas imediações de importantes acidentes tectónicos (de Araújo et al, 1998).

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

8.3.5 – Depósitos Estratiformes de Cu-Co e Discordantes de Cu-Zn-Pb nos Cinturões Neoproterozóicos de Angola

A compilação de dados realizada nos pontos anteriores deste subcapítulo mostra que, apesar de o registo sedimentar e as transformações ocorridas durante a orogénese não serem exactamente iguais em todos os cinturões (Congo Ocidental, Damara e Lufiliano), como seria expectável em função das variações experimentadas pela dinâmica relacionada com a abertura, preenchimento e posterior fecho das respectivas bacias intracontinentais, a convergência é assinalável em diversos aspectos, nomeadamente ao nível:

- Da presença de dois diamictitos de idades equivalentes⁶ que permitem uma correlação entre as principais unidades lito-estratigráficas de cada um dos cinturões (Schermerhorn & Stanton, 1963; Kampunzu et al, 2009);
- Das idades indicadas para cada um dos eventos orogénicos;
- Dos processos intervenientes na sedimentogénese, designadamente:
 - A natureza composicional dos sedimentos, derivados de fontes cratónicas arcaicas a paleoproterozóicas;
 - A criação de circunstâncias promotoras de circulação a grande escala desses mesmos fluidos baciais, em boa parte condicionada por relevos gerados na dependência da tectónica sin-sedimentar;
 - No estabelecimento de gradientes geoquímicos no seio da sequência sedimentar (resultantes de variações composicionais primárias, pH ou Eh) adequados à instabilização dos agentes de complexação dos metais, promovendo a sua precipitação.

Os depósitos estratiformes de Cu-Co, apenas identificados no grupo basal do Cinturão Lufiliano (Tabela 8.4), devem a sua origem a processos predominantemente sin-diagenéticos, com posterior enriquecimento em metais por processos supergénicos em fases subsequentes à orogénese (Hitzman et al., 2005, 2010; Dewaele et al., 2006), muito embora também se admita a existência de remobilizações contemporâneas da principal fase de deformação do cinturão (Haest, 2009).

⁶ Não existem datações para as unidades meta-diamictíticas do Cinturão do Congo Ocidental, contudo Schermerhorn & Stanton (1963) e Kampunzu et al. (2009) admitem que são contemporâneas das presentes nos cinturões Lufiliano e Damara.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

De acordo com Hitzman et al. (2010) este tipo de mineralizações devem a sua formação à:

- Lixiviação de Cu e outros metais (e.g. Co, Pb, Zn, Ag) por fluidos basinais de baixa temperatura (<125°C), (hiper)salinos (enriquecidos em Cl⁻) e oxidantes, como resultado da sua circulação em sequências sedimentares oxidantes predominantemente siliciclásticas (podendo conter intercalações vulcânicas), depositadas na bacia durante a fase de *rifting* intracontinental e (potencial) interação com o soco cristalino;
- Migração dos fluidos ao longo de zonas de incremento de porosidade/permeabilidade secundária, nomeadamente as falhas que compartimentam a bacia;
- Posterior precipitação do seu conteúdo metalífero sob a forma de sulfuretos por instabilização dos agentes de complexação dos metais transportados em solução numa barreira química, promovida pela reacção dos fluidos metalíferos (oxidantes) com sedimentos redutores, ricos em matéria orgânica, sulfuretos de Fe diagenéticos ou contendo acumulações de hidrocarbonetos líquidos ou gasosos, das unidades estratigráficas sobrejacentes (Fig. 8.9).

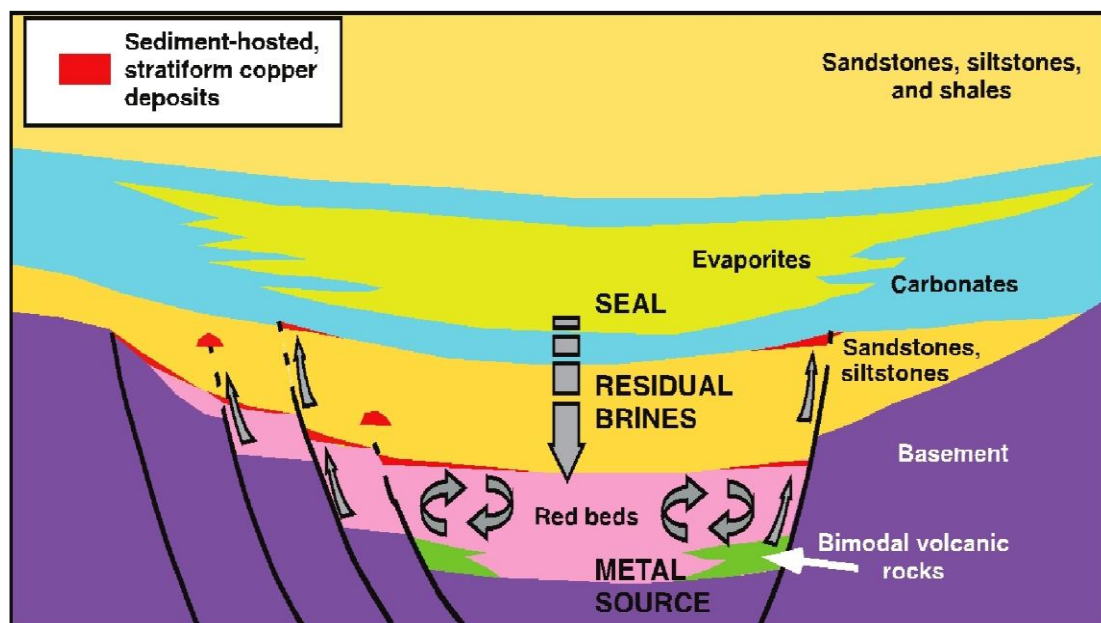


Fig. 8.9: Corte esquemático numa bacia intracratônica ilustrando o processo de formação de depósitos estratiformes de Cu-Co. Fonte: Hitzman et al. (2010)

Os depósitos discordantes de Cu-Zn-Pb presentes nos cinturões estudados apresentam muitas semelhanças: 1) todos eles mostram íntima associação com falhas de pendor acentuado que cortam a sequência estratigráfica em que se encontram hospedados e 2) encontram-se hospedados essencialmente em litologias meta-carbonatadas (predominantemente dolomíticas), com matéria orgânica associada.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Os depósitos de cada um dos sub-tipos que constituem este tipo de mineralizações, Zn-Pb(-Cu) e Cu(-Zn-Pb), encontram-se limitados a determinados níveis estratigráficos (Tabela 8.4), sugerindo um certo controlo de natureza estratigráfica neste tipo de mineralizações (Haest, 2009):

- Os depósitos de Zn-Pb(-Cu) de Kipushi, Kabwe, Lombe e Kengere do Cinturão Lufiliano e o depósito de Berg Aukas do Cinturão de Damara situam-se em níveis estratigráficos equivalentes, respectivamente nos grupos Nguba e Tsumeb, posicionados entre as duas unidades meta-diamictíticas.
- Os depósitos de Cu(-Zn-Pb) de Dikulushi e Kinkonkula do cinturão Lufiliano, Tsumeb, Kombat e Kushib Springs do cinturão de Damara, e de Mavoio, Tetelo e Bamba-Kilenda do cinturão do Congo Ocidental estão hospedados, respectivamente, em zonas de interface entre as unidades meta-carbonatadas Gombela, Xisto-Calcário e Tsumeb e as (predominantemente) siliciclásticas Ngule, Xisto Gresoso e Mulden.

Apesar das diferentes posições ocupadas pelos dois sub-tipos destes depósitos, ambos devem a sua formação à migração de fluidos mineralizantes sin- a pós-orogénicos através de um sistema de falhas profundas, que cortam a sequência sedimentar em toda a sua extensão, e posterior precipitação do seu conteúdo metalífero em rochas de natureza carbonatada com estruturas permeáveis (e.g. fracturas, brechas ou carsos), como resultado da alteração das suas condições físico-químicas (temperatura, pressão, pH – Eh) por interacção com o encaixante (Laukamp, 2006; Kampunzu et al. 2009; Haest, 2009). Os fluidos devem a sua salinidade à evaporação intensa de água do mar e/ou à dissolução de evaporitos, e o seu conteúdo metalífero à lixiviação sequência sedimentar e/ou do soco cristalino e/ou à remobilização de metais presentes em mineralizações do tipo estratiforme.

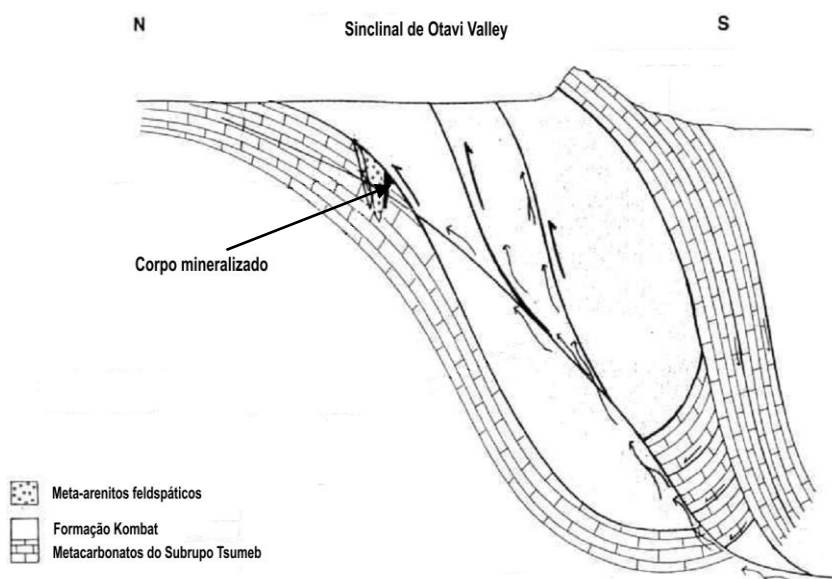


Fig. 8.10: Corte esquemático N-S na área do depósito de Kombat, ilustrando a ruptura do sinclinal de Otavi por reactivação de uma falha sin-sedimentar e posterior migração de fluidos mineralizantes ao longo de planos de fraqueza e precipitação do conteúdo metalífero em estruturas favoráveis. Adaptado de Minz (2008)

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Tabela 8.4: Comparação entre unidades lito-estratigráficas dos cinturões do Congo Ocidental, Lufiliano e de Damara e posição das principais tipologias de depósitos.

Cinturão do Congo Ocidental		Cinturão Lufiliano		Cinturão de Damara	
Unidade lito-estratigráfica	Depósitos	Unidade lito-estratigráfica	Depósitos	Unidade lito-estratigráfica	Depósitos
Xisto-Gresoso	Cu(-Zn-Pb)	Ngule	Cu(-Zn-Pb)	Mulden	Cu(Zn-Pb)
Xisto-Calcário		Gombela		Tsumeb	
Meta-diamictito		Meta-diamictito		Meta-diamictito	
Alto Chiloango		Nguba	Zn-Pb(-Cu)	Abenab	Zn-Pb(-Cu)
Meta-diamictito		Meta-diamictito		Meta-diamictito	
Sansícua		Roan	Cu-Co	Nosib	

Mediante os dados acima expostos, e na ausência de argumentos cientificamente fundamentados, não existem motivos para descartar a possibilidade de o Cinturão do Congo Ocidental hospedar sistemas mineralizantes do tipo estratiformes de Cu-Co equivalentes aos reconhecidos no Cinturão Lufiliano.

No que respeita à ausência de mineralizações discordantes do sub-tipo Zn-Pb-(Cu) no Subgrupo Alto-Chiloango do Cinturão do Congo Ocidental, equivalente ao Grupo Nguba do cinturão Lufiliano e ao Subgrupo Abenab do Cinturão de Damara, esta deve-se à diferente natureza das litologias presentes no primeiro, de carácter predominantemente siliciclástico, contrariamente à natureza carbonatada manifestada pelas rochas hospedeiras deste subtipo de mineralizações nos restantes cinturões; com efeito, no Subgrupo Alto Chiloango apenas o membro superior (Se2b) da Formação Sekeloko apresenta natureza carbonatada (rica em matéria orgânica) e, como tal, potencial para hospedar mineralizações discordantes do subtipo Zn-Pb-(Cu).

8.4 - Trabalhos Futuros

Os dados obtidos nesta Dissertação de Mestrado permitem propor as seguintes recomendações como trabalhos futuros:

1. Extensão da amostragem no sentido de caracterizar em termos mineralógicos e geoquímicos as zónas laterais e verticais das lenticulas mineralizadas inclusas na Formação C5b e de descrever melhor o estilo da mineralização hospedada no Subgrupo Xisto-Gresoso;
2. Aquisição de informações de terreno que permitam melhorar a caracterização, dos pontos de vista geométrico e cinemático, do dispositivo estrutural que controla a mineralização epigenética de Tetelo e os domínios de maior enriquecimento metalífero;
3. Desenvolvimento de trabalhos de prospecção e pesquisa em áreas em que se verifique, ou seja expectável, que o interface entre as unidades meta-carbonatadas do Subgrupo Xisto-Calcário e as unidades meta-siliciclásticas das unidades sobrejacentes esteja afectado por falhas de forte pendor, dispensando particular atenção às áreas identificadas como *releasing bends* no traçado da “Falha das Hematites” onde se registam diversas ocorrências de Cu ou Pb-V, visto constituírem locais compatíveis com drenagem focalizada de volumes significativos de fluidos hidrotermais que poderão ter concorrido para a formação de mineralizações discordantes do tipo Cu-Zn-Pb;
4. Aquisição de dados gravimétricos no sentido de determinar a estrutura do soco, uma vez que os dados disponíveis na literatura mostram que a arquitectura da bacia foi um dos factores preponderantes na localização dos depósitos estratiformes de Cu-Co no Cinturão Lufiliano:
 - a. Zonas de elevação do soco (*horsts*) correspondem predominantemente a zonas estéreis do ponto de vista destas mineralizações, por via da limitação ou mesmo não deposição durante a abertura da bacia das sequências siliciclásticas que constituem a sua fonte de metais;
 - b. Depósitos com valor económico encontram-se predominantemente associados ao dispositivo estabelecido entre as falhas que compartimentavam a bacia (condutas para migração de fluidos) e a barreira química, responsável pela precipitação dos sulfuretos, gerada entre as sequências oxidantes (fontes de metais) e as sequências redutoras (hospedeiras das mineralizações).
5. Aquisição de outros dados de natureza geofísica, nomeadamente com recurso ao método electromagnético transiente (TDEM), e de natureza geoquímica na zona do Carreamento do Uonde, onde afloram as formações do mesmo nome, em particular nos locais onde estão identificadas ocorrências superficiais de Cu, no sentido de tentar identificar anomalias

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

despoletadas pela presença de mineralizações estratiformes de Cu-Co. Zonas de cavalgamentos assumem especial importância porquanto podem corresponder a antigas falhas normais que compartimentavam a(s) (sub)bacia(s).

6. Desenvolvimento de trabalhos de cariz estratigráfico:
 - a. No sentido de identificar níveis redutores, com especial incidência nas formações Uonde e Terreiro do Subgrupo Sansícuá dado que, de acordo com os dados coligidos, correspondem ao nível estratigráfico equivalente e manifestam características análogas às formações que hospedam as mineralizações estratiformes de Cu-Co no Cinturão Lufiliano; algumas unidades do Subgrupo Alto-Chiloango, em especial os membros M1 e Se1, apresentam também características favoráveis à precipitação de acumulações metalíferas deste tipo, visto tratarem-se de rochas siliciclásticas de granularidade muito fina e carácter redutor (xistos argilosos carbonosos), muito embora se encontrem numa posição estratigráfica acima daquela em que se encontram as mineralizações com importância económica do Cinturão Lufiliano (Grupo Roan);
 - b. Nos Grupos Malombe Superior e Macondo, tidos como equivalentes laterais dos Grupos Roan e Kundelungu do Cinturão Lufiliano (RDC-Zâmbia), e dos Grupos Espinheira e Chela, equivalentes às unidades do Cinturão de Kaoko-Damara (Namíbia), procurando identificar níveis que reúnam potenciais condições para alojar mineralizações estratiformes de Cu-Co e discordantes de Cu-Zn-Pb, tal como verificado nesses cinturões.

9 - CONCLUSÕES

As rochas hospedeiras da mineralização na jazida de Tetelo, resultantes de fonte(s) de carácter granitóide, preservam efeitos resultantes da progressão de processos de dissolução sob pressão síncronos de estádios avançados do processo diagenético ou metamorfismo de baixo grau, aos quais se sobrepõem arranjos mineralógico-texturais devidos a deformação em regime frágil e alteração hidrotermal. No Subgrupo Xisto-Gresoso prevalecem rochas meta-areníticas de natureza arcósica a subarcósica, com calibração má a moderada, de grão muito fino a fino e predominantemente sub-anguloso, com contactos frequentemente suturados, às quais se associam raros meta-arenitos e meta-siltitos quartzosos. Na Formação C5b predominam rochas meta-carbonatadas de granularidade variável que registam modificações assinaláveis como resultado da progressão heterogénea dos mecanismos de recristalização dinâmica e/ou dissolução-reprecipitação.

A mineralização é indubitavelmente epigenética e de carácter polifásico. Nas rochas meta-carbonatadas da Formação C5b, que compreendem o essencial da mineralização, esta apresenta-se essencialmente sob a forma de minérios semi-maciços e maciços, muito embora também forme disseminações matriciais e sele fracturas. A associação mineral principal inclui pirite, bornite, calcocite, Cu nativo, hematite, goethite e outros hidróxidos de Fe; como acessórios surgem termos análogos a digenite e covelite, calcopirite, tenantite, cuprite e raros sulfuretos de Cu-Co e arsenatos de composição química diversa (Ca, Mg, Cu, V, Y e/ou ETR). Quando associada ao Subgrupo Xisto-Gresoso a mineralização é bastante incipiente, originando predominantemente disseminações e/ou selando pequenas fracturas; verificam-se, porém, raros domínios de mineralização semi-maciça. A associação mineral principal inclui: pirite, calcocite, hematite, goethite e outros hidróxidos de Fe; como acessórios surgem termos análogos a digenite e covelite, calcopirite, bornite, enargite, tenantite, galena, esfalerite e raros sulfo-arsenatos de Pb, sulfossais de Cu-As-Bi-S e Cu-Bi-S e diversas fases minerais de Cu-Pb-As-S.

As fases minerais, independentemente da natureza do encaixante e do contexto textural em que se encontram, apresentam composições relativamente homogéneas, com desvios muito pouco significativos à estequiometria ideal. As únicas excepções prendem-se com os sulfuretos de Cu e Cu-Fe, por via da sua capacidade em formar extensas soluções sólidas dentro do sistema Cu-Fe-S.

A sustentação do processo mineralizante parece relacionar-se com a circulação periódica de fluidos hidrotermais, favorecida pela recorrência de eventos de deformação frágil desencadeada por sucessivos ciclos sísmicos experimentados pela “Falha da Hematite” ao longo do tempo. Esta recorrência de eventos terá jogado papel determinante na promoção do desenvolvimento de numerosas descontinuidades estruturais subsidiárias, contribuindo para a geração/incremento cíclico da permeabilidade secundária e assegurando o estabelecimento de condições adequadas à circulação de fluidos hidrotermais durante toda a evolução do sistema hidrotermal. A neutralização destes fluidos (pH

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

ácido, salinos e transportando em solução quantidades significativas de metais de origem crustal) através da sua reacção com as rochas carbonatadas da Formação C5b e siliciclásticas do Subgrupo Xisto-Gresoso parece ter sido o mecanismo responsável pela precipitação das fases sulfuretas, por modificação nas condições físico-químicas dos fluidos que terão promovido a instabilização dos agentes de complexação dos metais. Enquanto nas rochas de natureza carbonatada a progressão de reacções de dissolução dos carbonatos concorre para um incremento da permeabilidade secundária previamente gerada pela fracturação, nas rochas de natureza siliciclástica a progressão das reacções de dissolução de feldspatos/filossilicatos, apesar de incrementar a permeabilidade secundária, induz a precipitação de quartzo secundário que acaba por, pelo menos em parte, contrabalançar o efeito anterior. Assim, as diferenças evidentes entre as mineralizações alojadas nas rochas do Subgrupo Xisto-Gresoso e da Formação C5b, tanto no que respeita à intensidade da mineralização como às diferenças mineralógicas apresentadas, dever-se-ão às diferentes interacções químicas estabelecidas entre os fluidos mineralizantes e as rochas de cada uma destas unidades lito-estratigráficas, de natureza notoriamente distinta, reforçadas mais tarde aquando da oxidação heterogénea de todo o conjunto, dada a maior vulnerabilidade química das rochas de natureza carbonatada. Estas diferenças têm reflexo evidente nos teores em metais (tanto ao nível dos elementos maiores como dos menores) registados nas várias lenticulas mineralizadas, os quais manifestam forte variação.

As relações texturais e composição química das fases minerais sugerem a seguinte sequência (ao nível dos elementos maiores) para o processo mineralizante: uma fase inicial de Fe (\pm Cu), responsável pela precipitação de pirite (\pm calcopirite), à qual se segue uma outra de Cu e As, caracterizada pela precipitação de tenantite-enargite e calcopirite, esta última frequentemente em substituição dos agregados anteriores de pirite; a estas sobrepõem-se fases subsequentes marcadas pela entrada no sistema de Cu(\pm Zn \pm Pb), promovendo a precipitação de esfalerite e a substituição das fases sulfuretadas anteriores por fases progressivamente mais ricas em Cu e/ou Pb. A circulação tardia de águas meteóricas, terá provocado a instabilização das fases sulfuretadas, promovendo a precipitação de (hidr)óxidos de Fe e Cu nativo (\pm cuprite \pm arsenatos).

A decomposição geométrica e a caracterização cinemática da “Falha das Hematites” permitiram a sua reinterpretação como um segmento meridional, com extensão até ao Carreamento de Mucaba, da terminação em *horse-tail* de um importante desligamento que se prolonga para NE por milhares de quilómetros; apresenta cinemática esquerda, com abatimento do bloco Este, tendo sido possível definir dois dispositivos de *releasing bend*, os quais constituem localizações privilegiadas para hospedar outros sistemas mineralizantes como resultado da focalização de fluidos metalíferos, durante os seus sucessivos eventos de reactivação desta falha, em domínios rochosos sujeitos a forte extensão localizada e, como tal, caracterizados por porosidade/permeabilidade secundária elevada.

A jazida de Tetelo apresenta características análogas às de outros depósitos epigenéticos discordantes de Cu-Zn-Pb dos cinturões Neoproterozóicos de Damara e Lufiliano. O estudo comparativo

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

entre estes cinturões e o Cinturão do Congo Ocidental não exclui a possibilidade de ocorrência de mineralizações estratiformes de Cu-Co nos domínios meta-sedimentares neoproterozóicos do território Angolano.

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

10 - BIBLIOGRAFIA

- Alkmim, F. F., Marshak, S., Pedrosa-Soares, A. C., Peres, G. G., Cruz, S. C., & Whittington, A. (2006). Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research* , 149, 43–64.
- Batumike, M. J., Caileux, J., & Kampunzu, A. B. (2007). Lithostratigraphy, basin development, base metal deposits, and regional correlations of the Neoproterozoic Nguba and Kundelungu rock successions, central African Copperbelt. *Gondwana Research* , 11, 432-477.
- Cailteux, J. L., Kampunzu, A. B., Lerouge, C., Kaputo, A. K., & Milesi, J. P. (2005). Genesis of sediment-hosted stratiform copper-cobalt deposits, central African Copperbelt. *Journal of African Earth Sciences* , 42, 134-158.
- Cailteux, J., Kampunzu, A. B., & Lerouge, C. (2007). The Neoproterozoic Mwashya–Kansuki sedimentary rock succession in the Central African Copperbelt, its Cu–Co mineralisation, and regional correlations. *Gondwana Research* , 414-431.
- Carvalho, H. (1982). *Geologia de Angola* (folhas 1, 2, 3 e 4; escala 1:1,000,000). Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa.
- Chetty, D., & Frimmel, H. E. (2000). The role of evaporites in the genesis of base metal sulphide mineralisation in the Northern Platform of the Pan-African Damara Belt, Namibia: geochemical and fluid inclusion evidence from carbonate wall-rock alteration. *Mineralium Deposita* , 364-376.
- de Araújo, A. G., & Guimarães, F. (1998). *Carta Recursos Minerais de Angola*. Escala 1:1.000.000. Instituto Geológico de Angola, Ministério de Geologia e Minas, República de Angola, Luanda.
- de Araújo, A., & Guimarães, F. (1998). *Geologia de Angola. Notícia explicativa da Carta Geológica de Angola à escala 1:1.000.000*. Instituto Geológico de Angola, Ministério de Geologia e Minas, Luanda.
- Dewaele, S., Muchez, P., Vets, J., Fernandez-Alonso, M., & Tack, L. (2006). Multiphase origin of the Cu-Co ore deposits in the western part of the Lufilian fold-and-thrust belt, Katanga (Democratic Republic of Congo). *Journal of African Earth Sciences* , 46, 455-469.
- Ferrão, C., Machado e Silva, S., Simões, J., Mira, J., da Cruz, A., Godinho, J., et al. (1966). *Ocorrências Minerais. Carta 1:2000000 e Notícia Explicativa*. Luanda, Província de Angola, República Portuguesa: Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas.
- Ferreira E., Figueiras J., Mateus A. (2010). Caracterização macro e microscópica de amostras representativas das sondagens M-7B, M-73B, M-77A, M-102, M-103 e M-105 realizadas na Concessão de Mavoio (Angola). Relatório #9-2010, Protocolo Técnico-Científico Genius Mineira Lda. Fundação da FCUL, 28 pg.
- Ferreira E., Figueiras J., Mateus A. (2010). Características petrográficas e mineralógicas de amostras representativas das sondagens M-73B, M-102 e M-105 realizadas na Concessão de Mavoio

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

(Angola). Relatório #13-2010, Protocolo Técnico-Científico Genius Mineira Lda. Fundação da FCUL, 41 pg.

Ferreira E., Figueiras J., Mateus A. (2010). Composição química de fases minerais críticas em amostras seleccionadas das sondagens M-73B, M-102 e M-105 (Concessão de Mavoio, Angola). Relatório #14-2010, Protocolo Técnico-Científico Genius Mineira Lda. Fundação da FCUL, 81pg.

Franssen, L., & André, L. (1988). The Zadinian Group (Late Proterozoic, Zaire) and its bearing on the origin of the West-Congo Orogenic Belt. *Precambrian Research* , 38, 215-234.

Haest, M. (2009). Metallogenesis of the Dikulushi Cu-Ag deposit in Katanga (DRC). Tese de doutoramento, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven.

Hitzman, M. W., Selley, D., & Bull, S. (2010). Formation of Sedimentary Rock-Hosted Stratiform Copper Deposits through Earth History. *Economic Geology* , 105, 627-639.

Hitzman, M., Kirkham, R., Broughton, D., Thorson, J., & Selley, D. (2005). The sediment-hosted stratiform copper ore system. *Economic Geology* , 100th Anniversary Volume, 609-642.

Kamona, A. F., & Gunzel, A. (2007). Stratigraphy and Base Metal Mineralization in the Otavi Mountain Land, Northern Namibia - a review and regional interpretation. *Gondwana Research* , 11, 396-413.

Kampunzu, A. B., & Cailteux, J. (1999). Tectonic evolution of the Lufilian Arc (Central African Copperbelt) during Neoproterozoic Pan African orogenesis. *Gondwana Research* , 2, 401-421.

Kampunzu, A. B., Cailteux, J. L., Kamona, A. F., Intiomale, M. M., & Melcher, F. (2009). Sediment-hosted Zn-Pb-Cu deposits in the Central African Copperbelt. *Ore Geology Reviews* , 263-297.

Kanda Nkula, V., Franceschi, G., & Tack, L. (2003). Late Pan-African fault-related, sediment-hosted, base metal mineralization in the Democratic Republic of Congo (DRC): emplacement and genetic similarities and differences. The examples of Bamba Kilenda (Bas-Congo), Dikulushi, Kapulo and Kipushi (Katanga). In: Cailteux, J.L.H. (Ed.), *Proterozoic Sediment-Hosted Base Metal Deposits of Western Gondwana (IGCP 450)*, 3rd Conference, (pp. 150-155). Lubumbashi, Congo.

Laukamp, C. (2006). Structural and Fluid System Evolution in the Otavi Mountainland (Namibia) and its Significance for the Genesis of Sulphide and Nonsulphide Mineralisation. Tese de Doutoramento, Heidelberg.

Mateus A., Figueiras F, Ferreira E. (2010). Litogeoquímica multi-elementar e aspectos mineralógicos distintivos da mineralização cuprífera de Tetelo (Concessão de Mavoio, Angola). Relatório #20-2010, Protocolo Técnico-Científico Genius Mineira Lda. Fundação da FCUL, 47 pg.

Mateus A., Figueiras J., Pereira L., Ferreira E., Jesus A., Ribeiro da Costa I., Rodrigues P., Mata J. (2010). Relatório final de actividades (Janeiro-Dezembro de 2010). Sinopse dos resultados obtidos e recomendações para trabalhos futuros. Protocolo Técnico-Científico Genius Mineira Lda. Fundação da FCUL, 835pg.

Milesi J.P., Toteu S.F., Deschamps Y., Feybesse J.L., Lerouge C., Cocherie A., Penaye J., Tchameni R., Moloto-A-Kenguemba G., Kampunzu H.A.B., Nicol N., Dugéy E., Leistel J.M., Saint-Martin M., Ralay F.,

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

Heinry C., Bouchot V., Doumnang Mbaigane J.C., Kanda Kula V., Chene F., Monthel J., Boutin P., Cailteux J. (2004). Geology and major ore deposits of Central Africa. 1:4,000,000 Map, IGCP project 470 "The Neoproterozoic Pan-African belt of Central Africa" and BRGM project "Africa 1999-2004".

Minz, F. (2008). The Kombat ore deposit, Otavi Mountainland (Northern Namibia). Department of Mineralogy, Technical University Bergakademie Freiberg, Freiberg.

Porada, H. (1989). Pan-African Rifting and Orogenesis in Southern to Equatorial Africa and Eastern Brazil. *Precambrian Research* , 44, 103-136.

Robb, L. (2005). *Introduction to Ore-Forming Processes*. Blackwell Science Ltd.

Schermerhorn, L. (1981a). The West Congo orogen: a key to Pan-African thermotectonism. *Geologische Rundschau* , 70, 850-867.

Schermerhorn, L. (1981b). Late Precambrian tilloids of northwest Angola. In *Earth's pre-Pleistocene Glacial Record* (pp. 158-166). Cambridge University Press.

Schermerhorn, L., & Stanton, W. (1963). Tilloids in the West Congo geosyncline. *Quart. Journ. Geol. Soc. London* , 119, 201-241.

Selley, D., Broughton, D., Scott, R., Hitzman, M., Bull, S., Large, R., et al. (2005). A New Look at the Geology of the Zambian Copperbelt. *Economic Geology 100th Anniversary Volume* , 965-1000.

Stanton, W. I. (1963). The geology of sheet sul B-32/J-P (Maquela do Zombo). *Bol. Serv. Geol. Minas Angola* , 8, 79-136.

Stanton, W., Korpershoek, H., & Schermerhorn, L. (1962). The geology of sheet sul B-33/I-O (São Salvador). *Bol. Serv. Geol. Minas Angola* , 6, 15-86.

Tack, L., Wingate, M., Liégeois, J., Fernandez-Alonso, M., & Beblond, A. (2001). Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton. *Precambrian Research* , 110, 277-306.

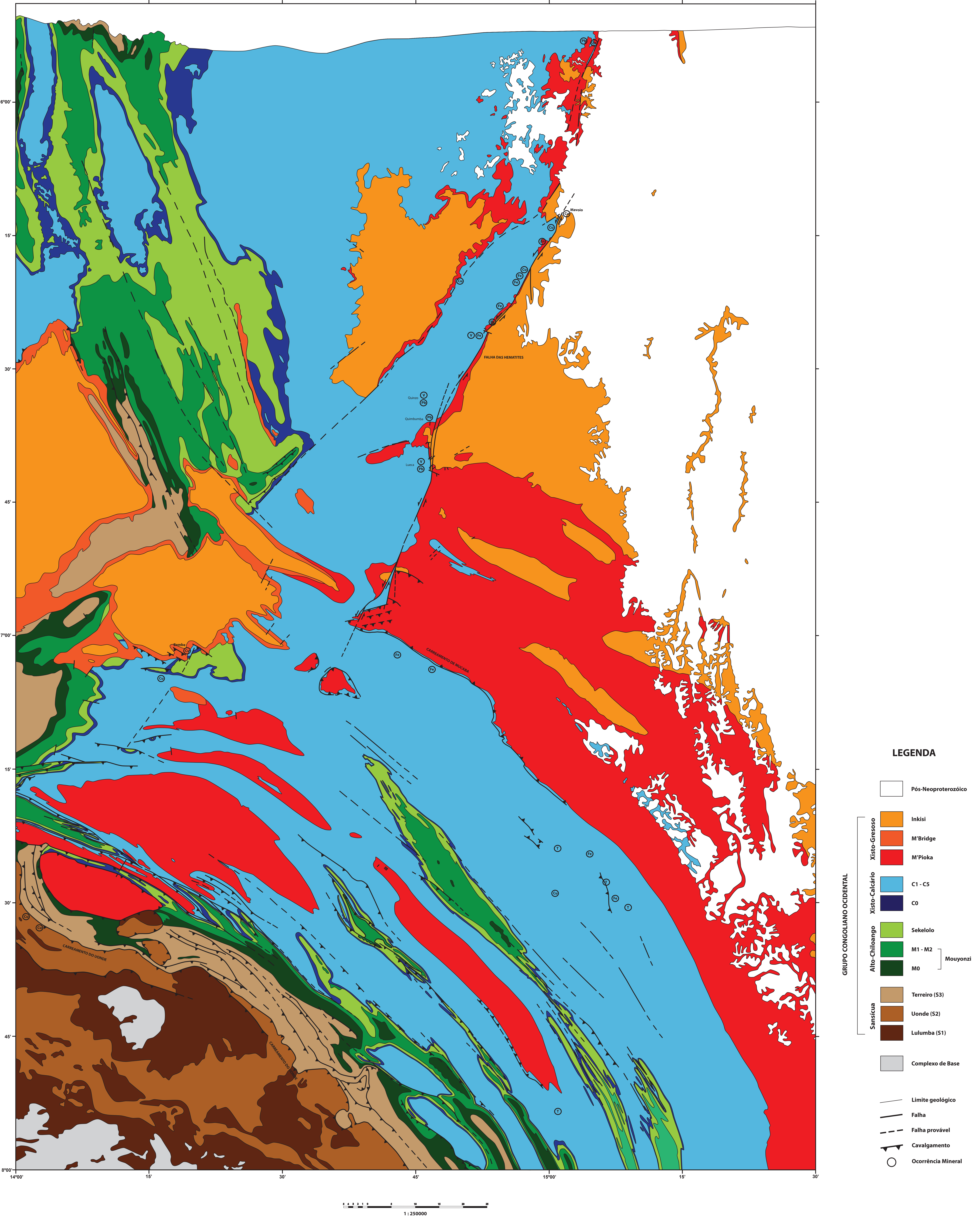
The World Copper Factbook. (2010). International Copper Study Group. Obtido de www.icsg.org

**Características Mineralógicas, Petrográficas e Geoquímicas do Depósito de Cu de Tetelo
(Mavoio, Maquela do Zombo, Angola)**

ANEXOS

ANEXO 1 – MAPA GEOLÓGICO

MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA ÁREA EM ESTUDO (1:250000)




ANEXO 2 – CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA

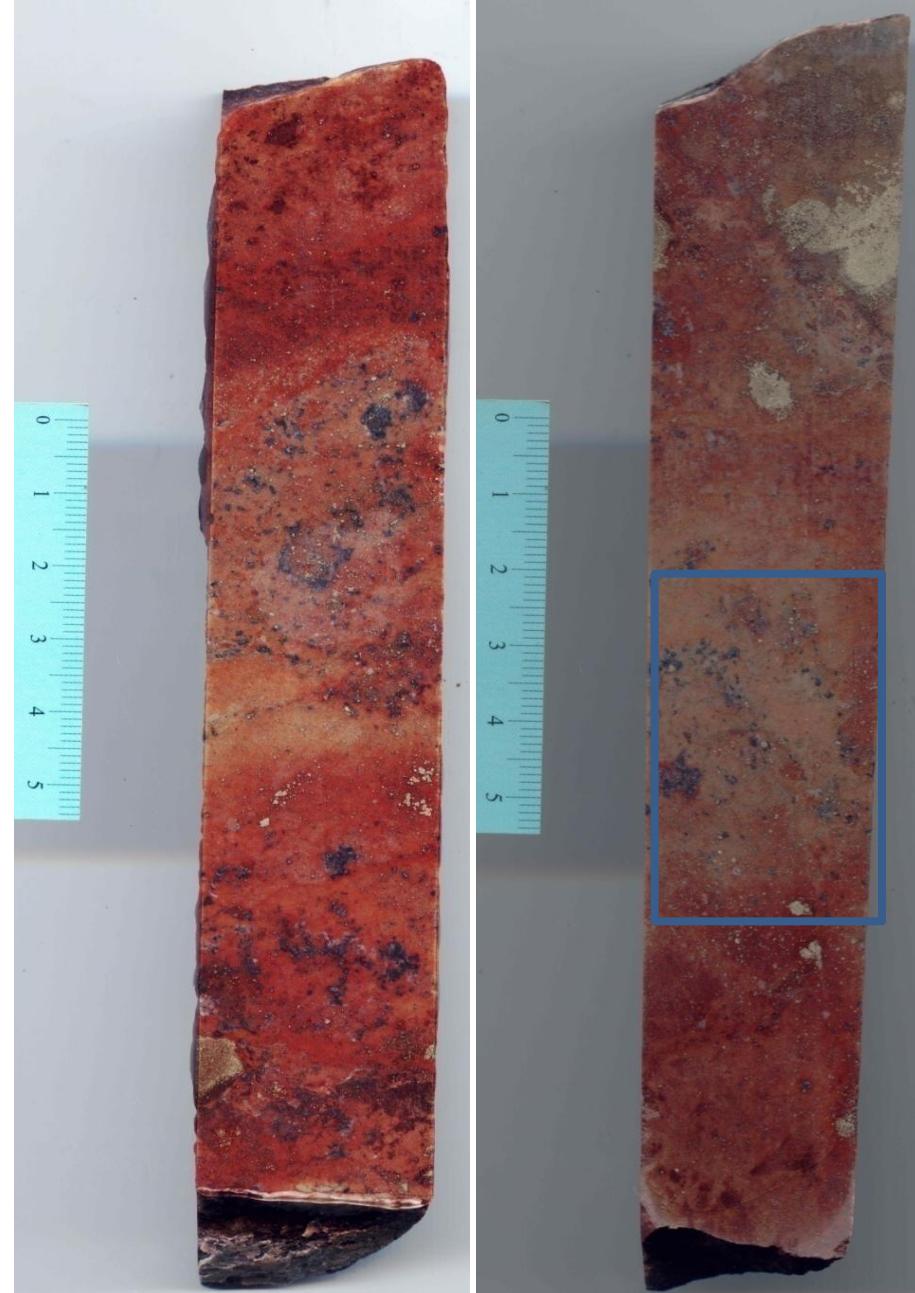
M73B

M73B-1

- Rocha de natureza arenítica, subarcósica, de cor rosada;
- Mineralização do tipo disseminado e constituída por pirite, “calcocite*1” (massa de cor negra ou prateada, dependendo da incidência da luz, c/ brilho metálico) e raras esfalerite e calcopirite.
- Os domínios mineralizados associam-se, regra geral, às zonas da matriz com tonalidade mais clara, acinzentada (carbonatos tardios).



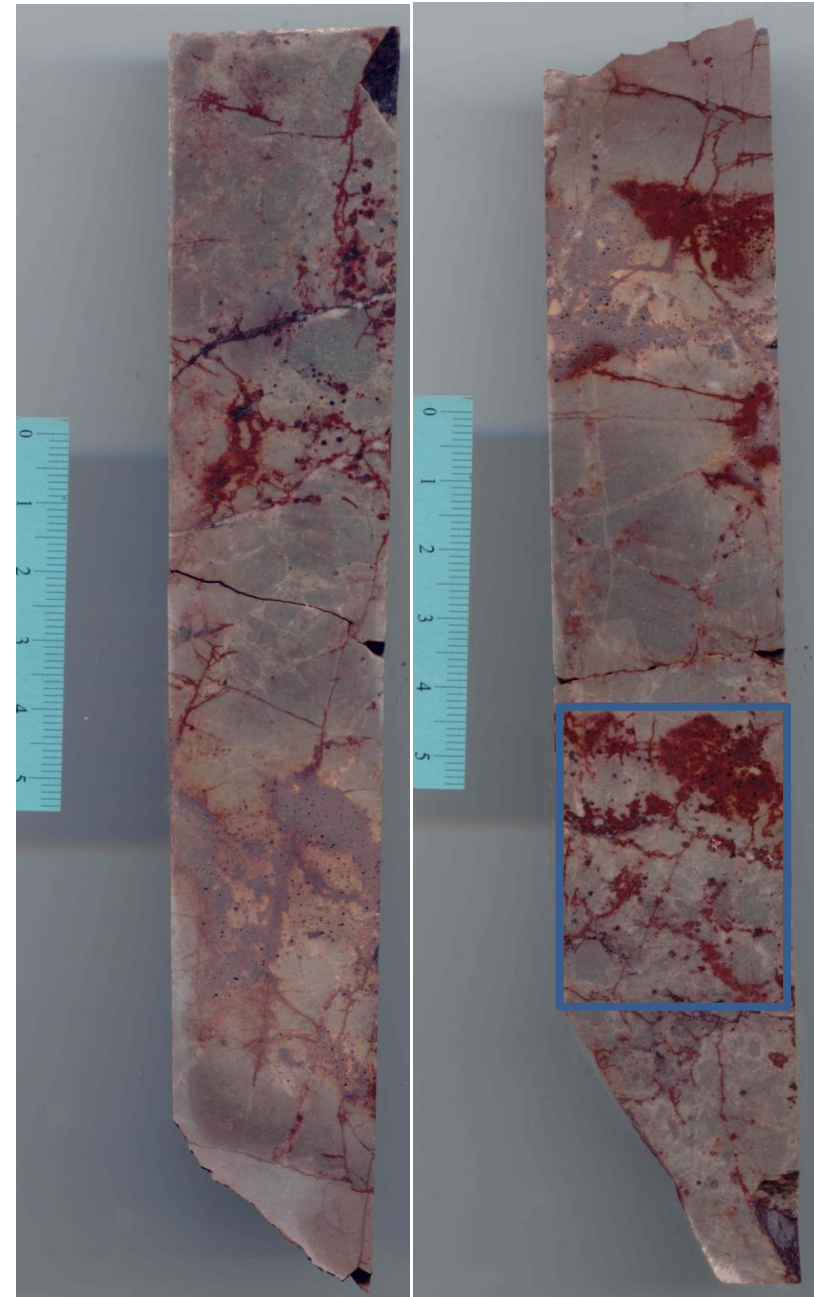
 → Secção em que foi realizada lâmina delgada polida



*1 — *sensu lato*

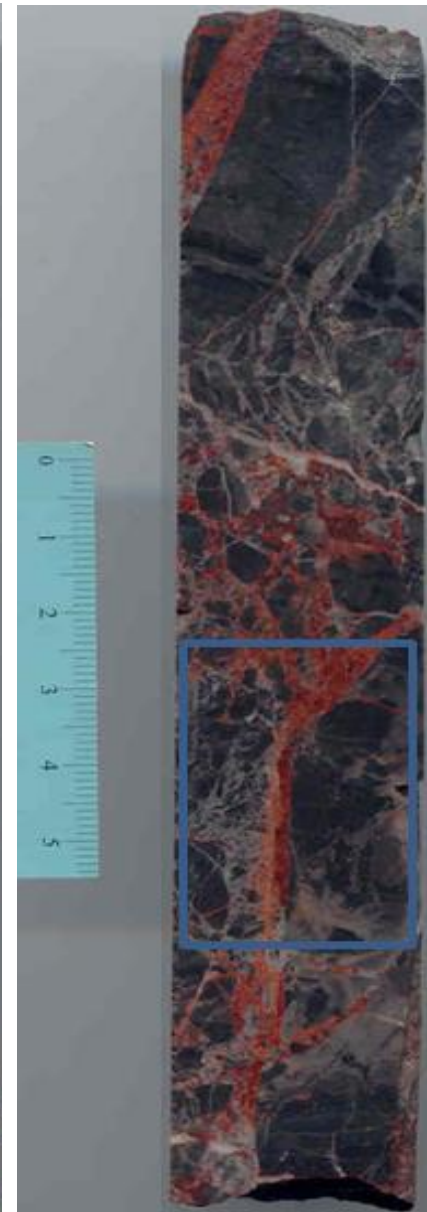
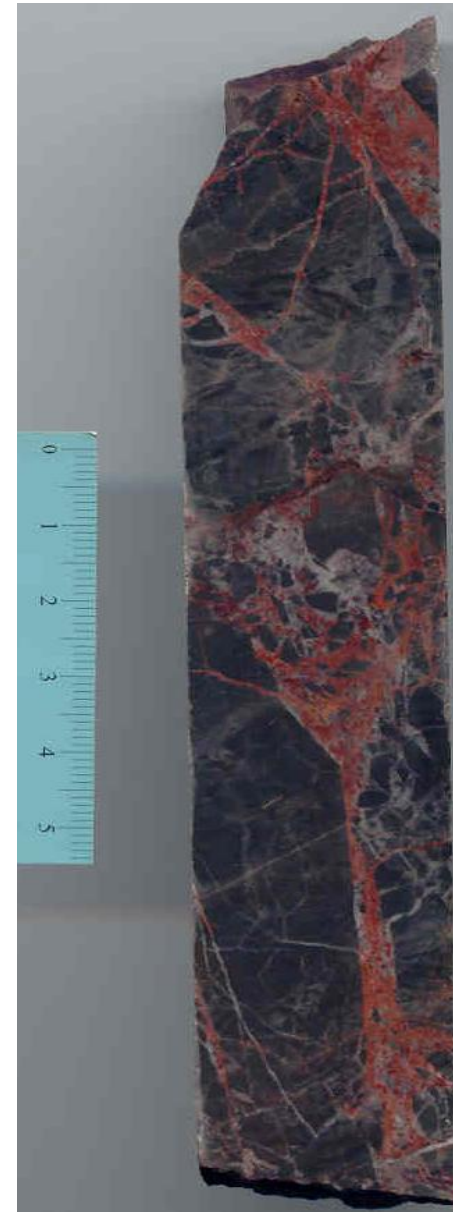
M73B-2

- Rocha carbonatada, heterogeneamente brechificada;
- Encontra-se mineralização quer disseminada, quer controlada por fractura, constituída por óxidos e hidróxidos de Fe (sob a forma de pseudomorfoses) e Cu nativo (quer na zona central dos anteriores, quer em fracturas);
- É de notar a presença abundante de "box-works", depois de pirite;

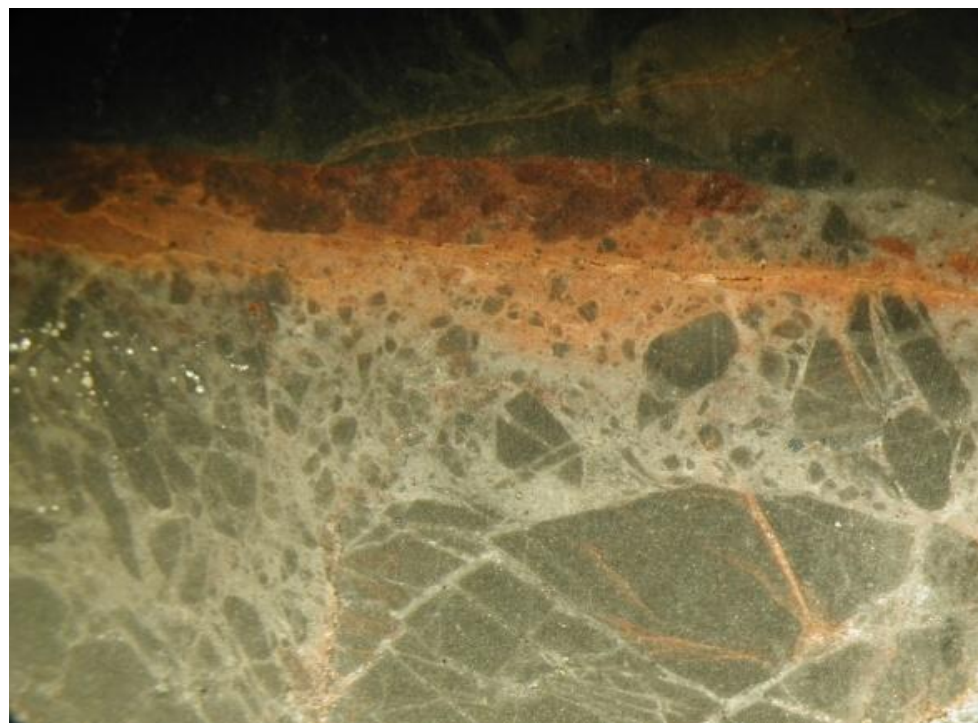


M73B-3

- Rocha carbonatada de cor negra, cortada por rede densa/extensa de fracturas/filonetes, a qual se sobrepõe a cataclase prévia;
- Fracturas preenchidas por carbonatos (a tonalidade salmão/avermelhada deve-se à impregnação de óxidos/hidróxidos de Fe, tal como observado ao microscópio);
- Mineralização do tipo disseminada, constituída por pirite e calcocite. Não raras vezes observa-se alteração de pirite para hematite.



M73B-3



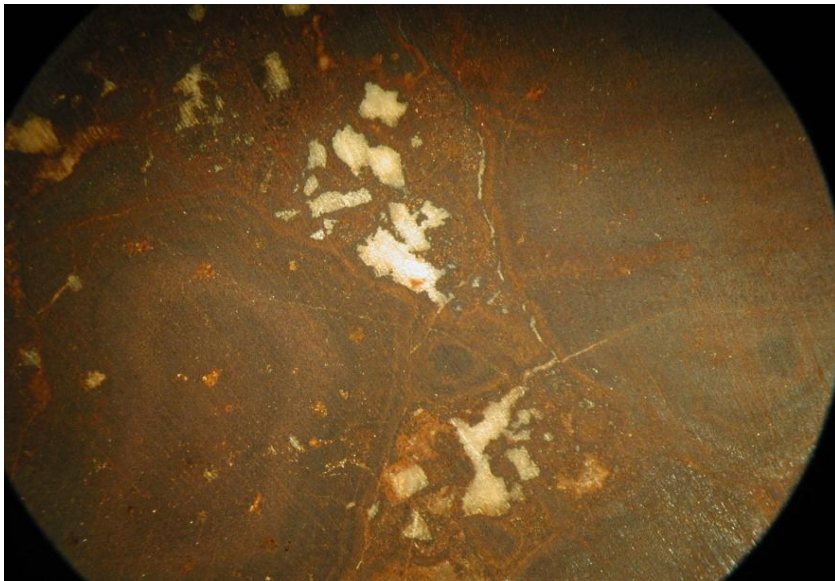
M73B-4

- Rocha de cor castanho escuro, de natureza quartzosa;
- Mineralização semi-maciça (correspondente a cerca de 30% da amostra); agregado predominante de cor negra c/ brilho metálico (calcocite) e pirite (pouco abundante);
- De realçar os domínios de cor vermelho terroso (cerca de 30-40% da amostra – carbonatos impregnados por hidróxidos de Fe) os quais reagem ao ácido, parecendo sobrepor-se aos domínios mineralizados (registrando um evento tardio de reacção/corrosão);
- Presença de uma geração tardia de carbonatos.



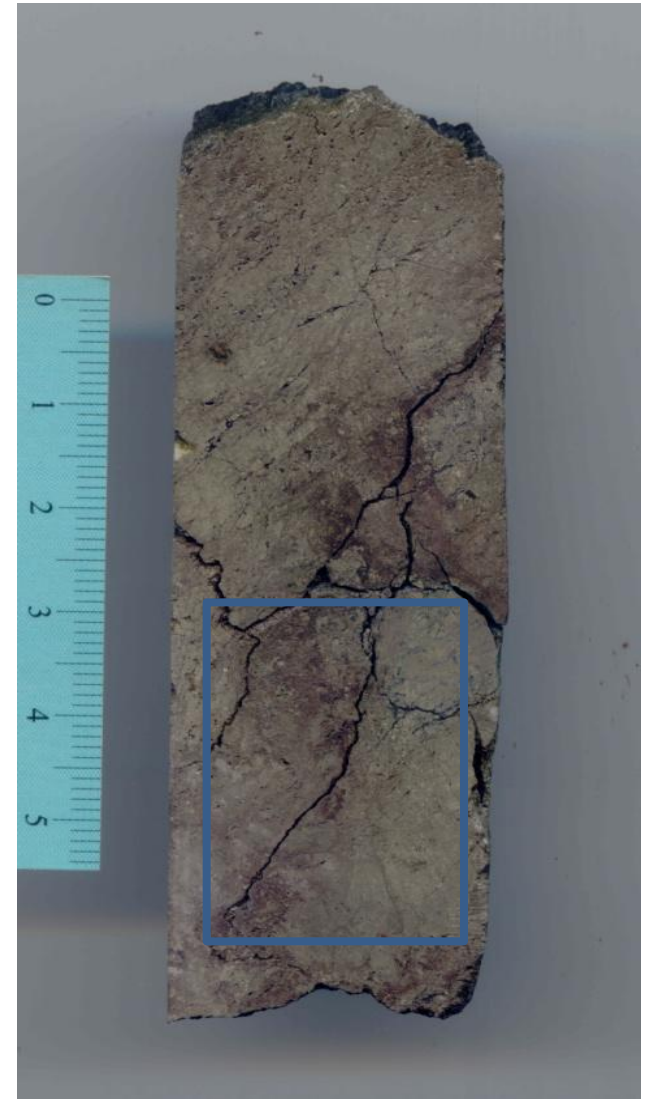
M73B-5

- Rocha brechificada, com clastos de cor escura (óxidos e hidróxidos de Fe, tal como na M-77A-1?), cimentados por um agregado fino de cor vermelho-tijolo que reage positivamente ao ácido (impregnações de hidróxidos de Fe em carbonatos). Os clastos apresentam baixa dureza, sendo facilmente riscados pelo canivete, dando origem a uma risca de cor vermelha;
- Presença significativa de calcite, encontrando-se a preencher espaços vazios, alguns dos quais box-works;
- Existência de mineralização disseminada, muito pouco relevante, constituída por uma massa de cor cinzenta c/ brilho metálico (“calcocite”).



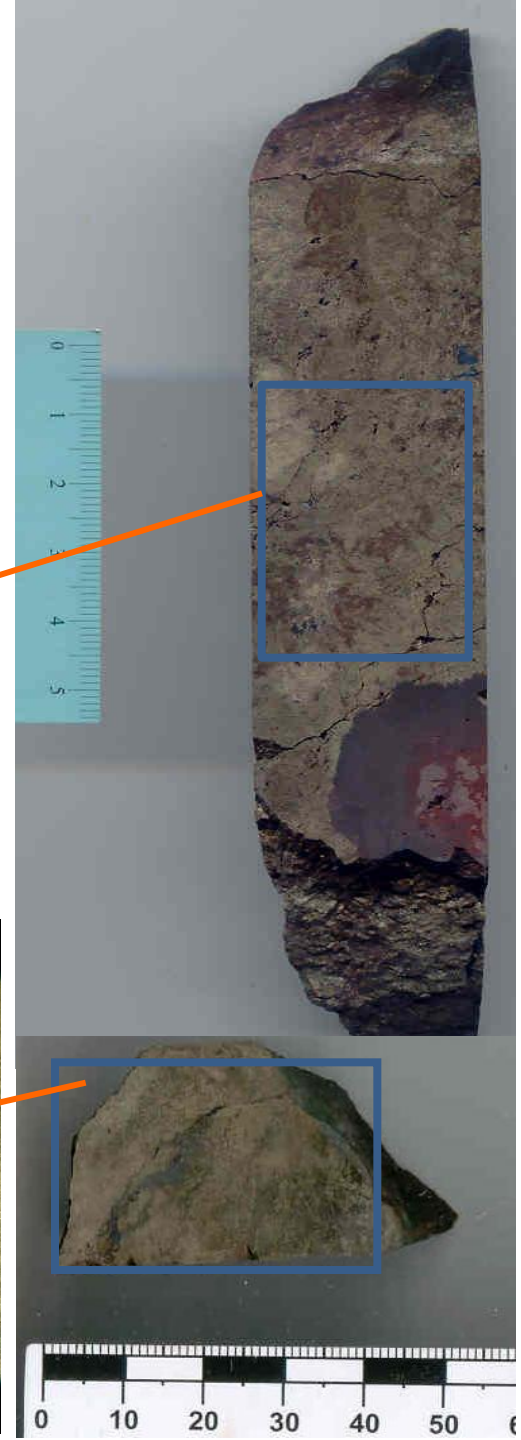
M73B-6

- Minério maciço, de granularidade muito fina, constituído por: pirite (rara calcopirite), uma massa de cor castanha (hidróxidos de Fe) e uma fase de cor cinza (“calcocite”) no preenchimento de fracturas da pirite;
- O testemunho encontra-se localmente cortado por uma rede densa de fracturas.



M73B-7

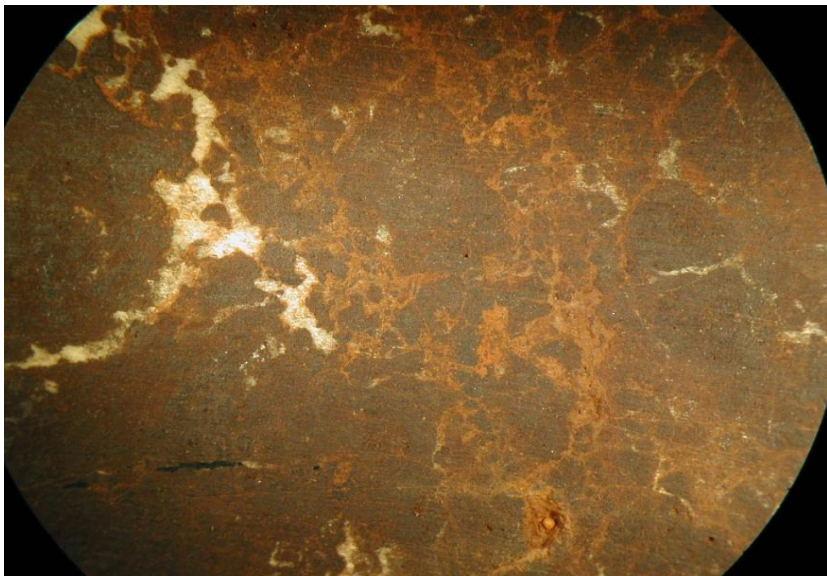
- Minério maciço, de granularidade muito fina, constituído por: pirite; uma massa de cor castanha (hidróxidos de Fe); massa de cor cinzento escuro, de brilho metálico (“calcocite”).
- O testemunho é localmente cortado por uma rede de fracturas, seladas por “calcocite”;
- Presença de uma zona sub-circular com cerca de 3cm de diâmetro, essencialmente constituída por “calcocite”.



M77A

M77A-1

- Rocha de aspecto brechificado, o qual é mais evidente junto à base do testemunho;
- Largamente constituída por óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite), sobre a qual se desenvolve uma rede anastomosada de fendas/fracturas essencialmente preenchidas por carbonatos de tonalidade rosada (resultante da impregnação por óxidos e hidróxidos de Fe);
- Homogeneamente alterada para um material de cor vermelho terroso (reage com ácido – carbonatos impregnados por hidróxidos de Fe), o qual parece resultar da alteração do agregado acima referido.
- Mineralização semi-maciça, dominada pelas fases supra citadas, apresentando ainda cobre nativo e, localmente, alguma pirite (potencialmente responsável pelos box-works existentes).



Duas lâminas:

- uma na zona superior, menos brechificada e mais rica em minério;
- outra na zona inferior, mais brechificada.

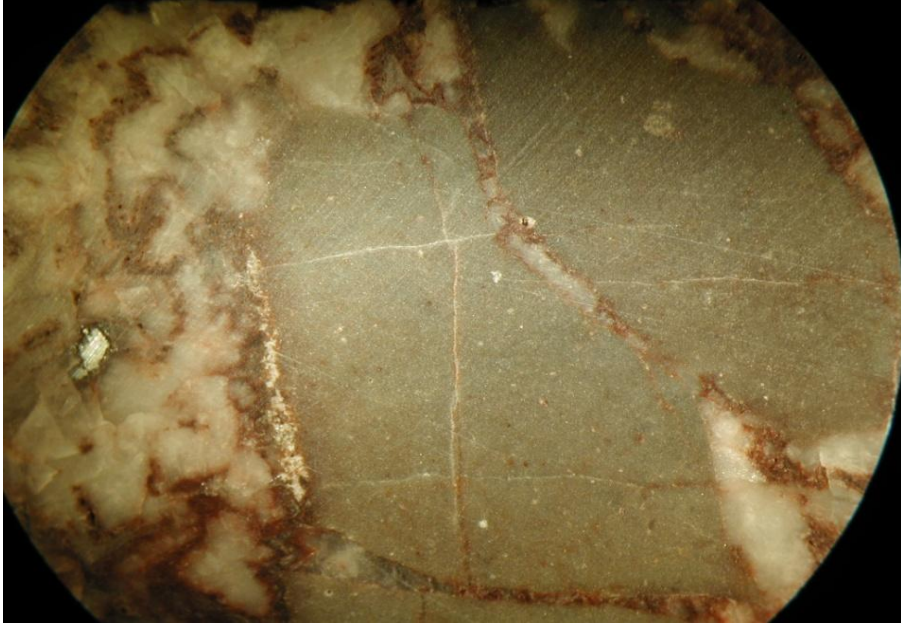


M77A-2

- Rocha de natureza carbonatada, de cor cinzenta, cortada por veios e filonetes de carbonato grosseiro, cujo preenchimento exhibe crescimento polifásico.
- Há evidências para o desenvolvimento de vários eventos de fracturação/selagem.
- Mineralização associada quer aos filonetes/veios, quer disseminada na matriz carbonatada, sob a forma de grãos muito finos, sendo essencialmente constituída por uma fase de cor cinzento escuro c/ brilho metálico (“calcocite”) e algum Cu nativo.
- As zonas mineralizadas associadas aos veios encontram-se fortemente (por vezes completamente) alteradas para um material de cor vermelho terroso (óxidos e hidróxidos de Fe).

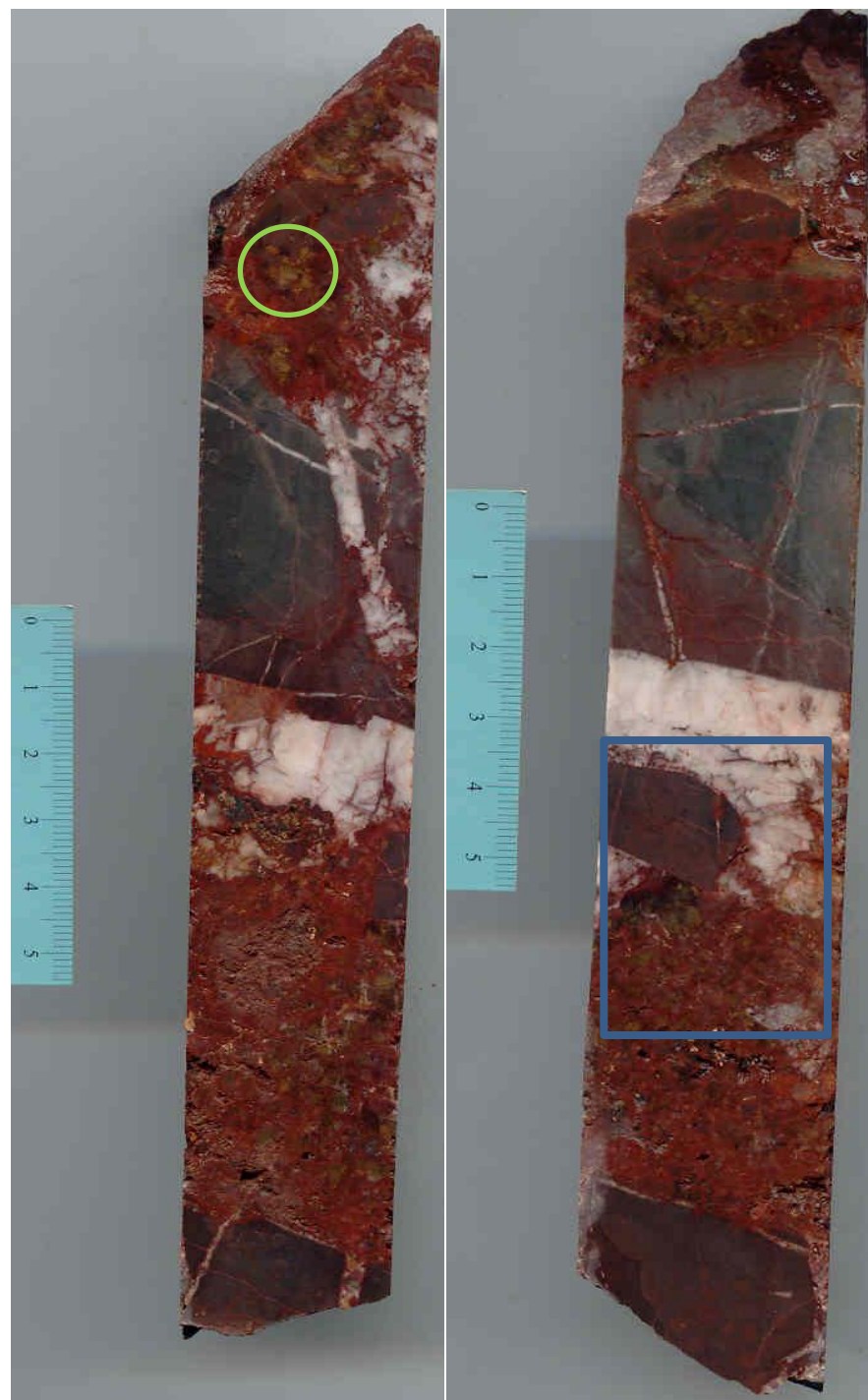


M77A-2

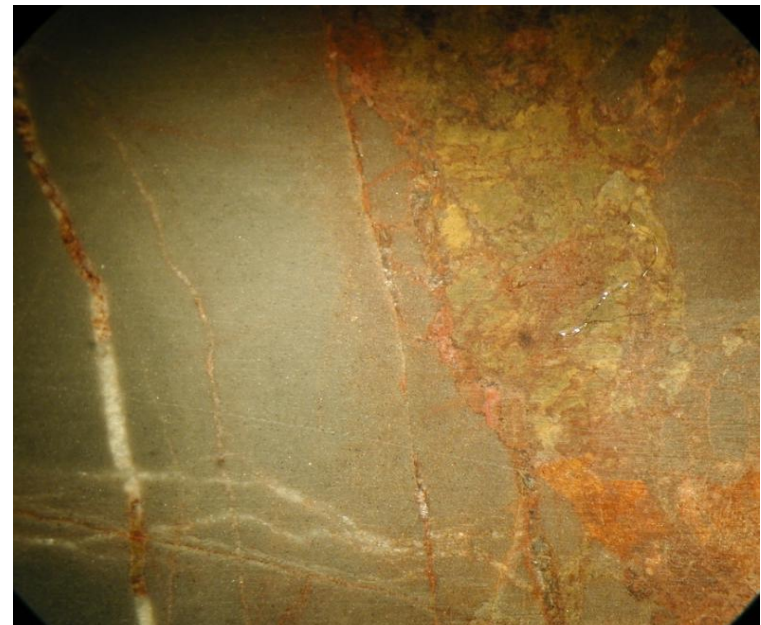
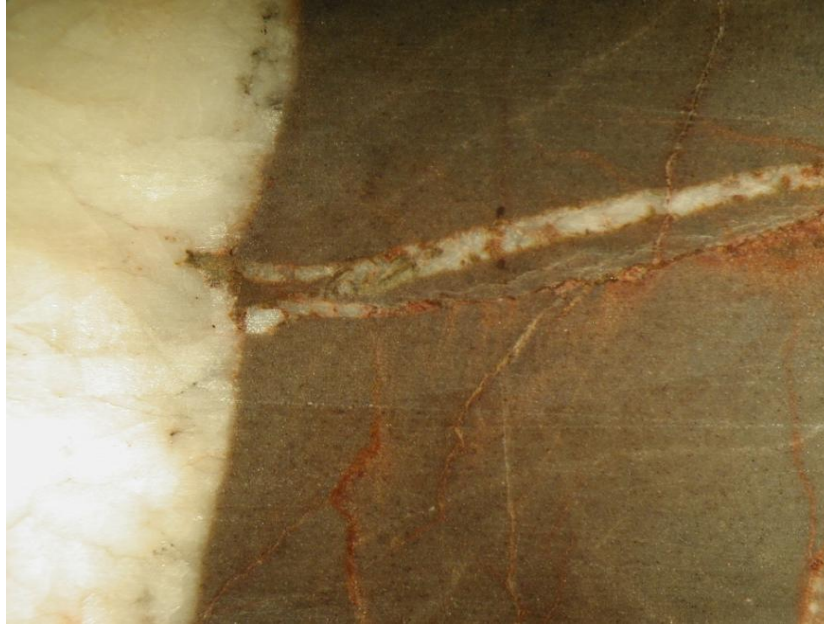


M77A-3

- Rocha de matriz carbonatada (dolomítica) e cor negra, cortada heterogeneamente por uma rede de veios e filonetes preenchidos por carbonatos grosseiros (a tonalidade salmão/avermelhada deve-se à impregnação de óxidos/hidróxidos de Fe).
- O agregado de cor verde-amarelado corresponde a carbonato calcítico.
- Há evidências para o estabelecimento de vários eventos de fracturação (crescimento polifásico);
- Domínios de alteração tardia inferidos com base na presença de agregados de cor vermelho-terroso (hidróxidos de Fe), os quais resultam da substituição das zonas mineralizadas;
- Mineralização quer disseminada na matriz carbonatada, quer associada à brechificação síncrona do desenvolvimento dos veios, sendo constituída essencialmente por hematite-goethite (pseudomorfoses) e menores pirite, calcocite e Cu nativo.

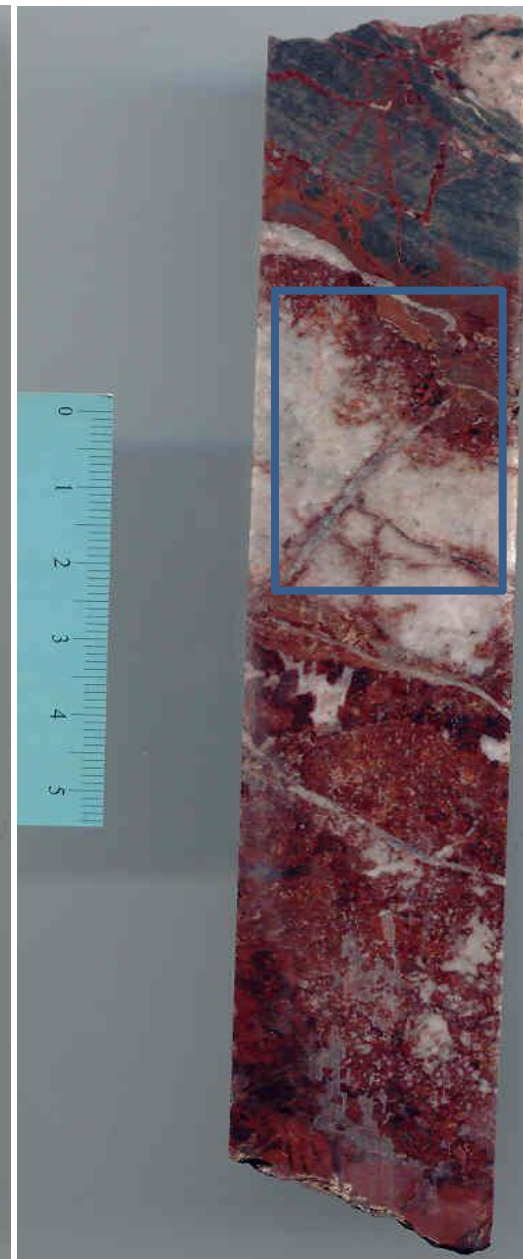


M77A-3

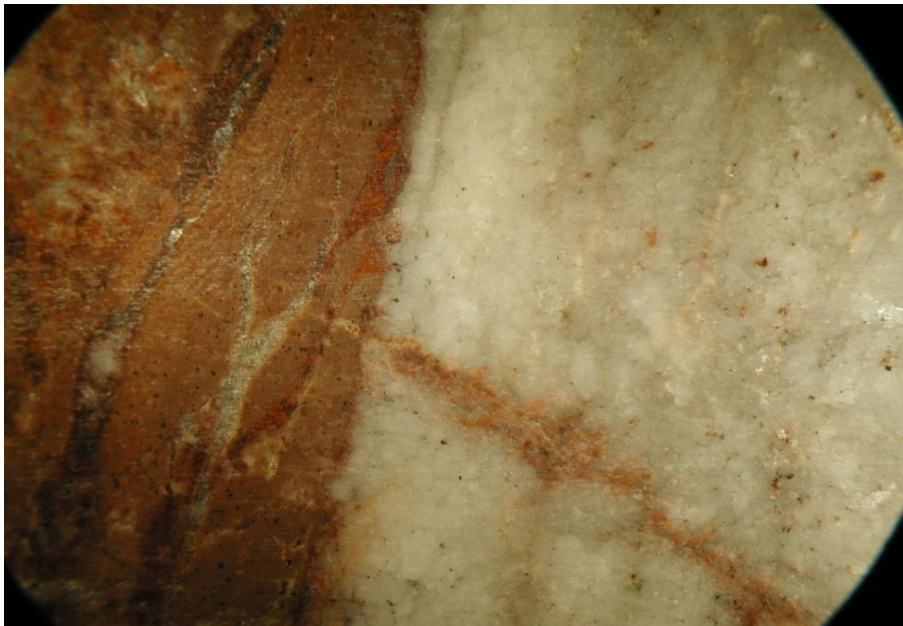
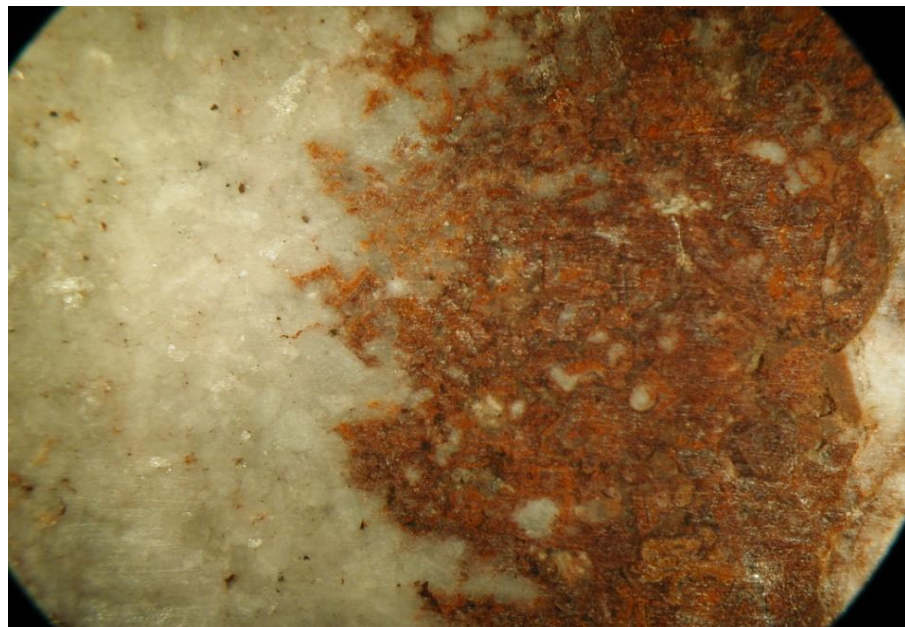
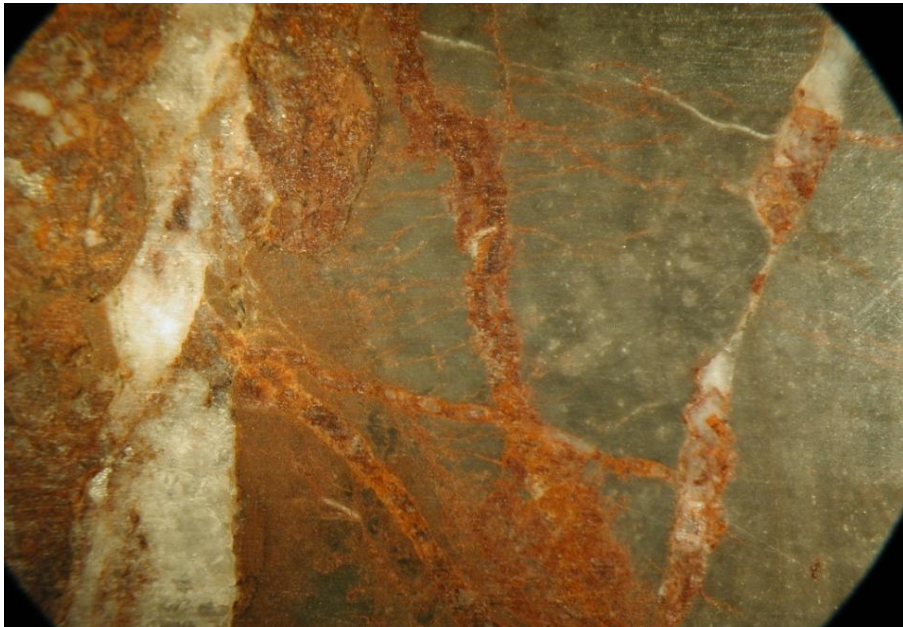


M77A-4

- Rocha brechificada, incluindo clastos carbonatados de cor negra;
- Presença de pelo menos 3 gerações de veios e filonetes:
 - veio principal cortado por filonetes de carbonato grosseiro de cor branca;
 - filonetes de cor vermelho-alaranjado (óxidos e hidróxidos de Fe);
- Desenvolvimento de uma *patine* de cor avermelhada, resultante da oxidação dos opacos disseminados nas zonas contíguas aos filonetes;
- Reconhecimento de frentes de reacção (dissolução-reprecipitação) entre o veio e a matriz carbonatada;
- Mineralização quer disseminada na matriz carbonatada, quer associada à brechificação síncrona do desenvolvimento dos veios, sendo constituída por hematite-goethite (pseudomorfoses), rara pirite e Cu nativo.



M77A-4

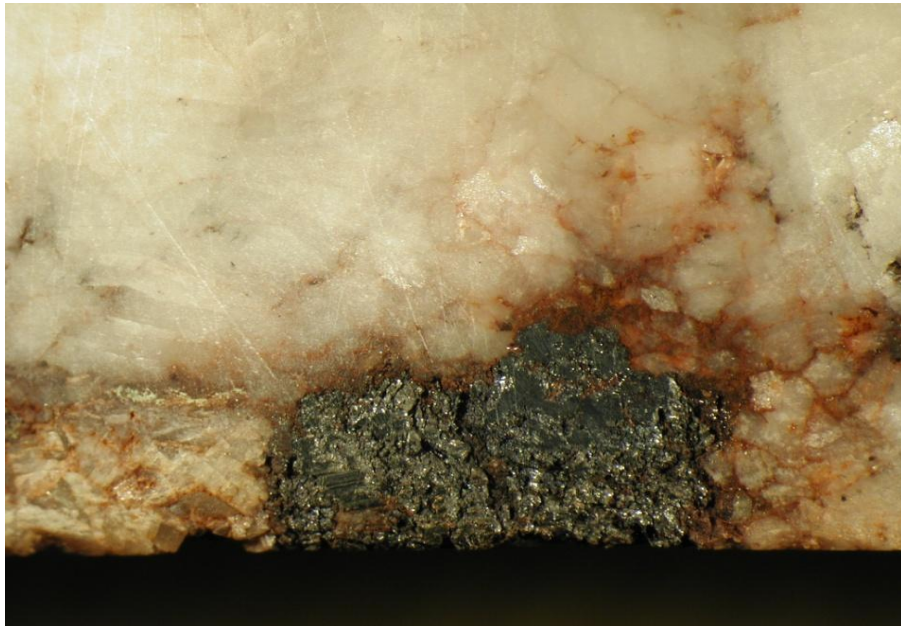
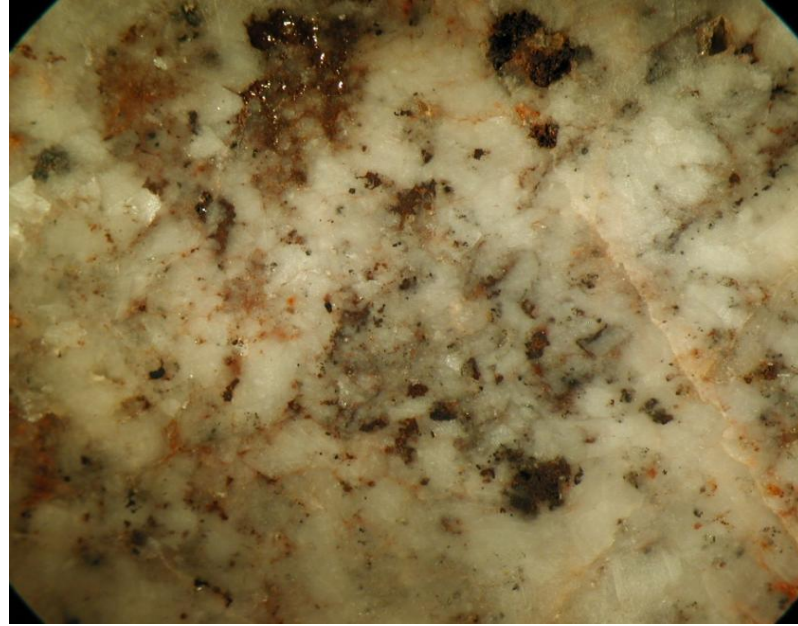


M77A-5

- Amostra correspondente a uma brecha de matriz carbonatada grosseira, cortada por vários gerações filonetes;
- Relações texturais sugestivas de um evento de dissolução-reprecipitação anterior ao processo de oxidação;
- Reconhecimento de extensas áreas de cor salmão/vermelho terroso (óxidos e hidróxidos de Fe), resultantes da alteração de zonas mineralizadas;
- Mineralização do tipo disseminada, consistindo em óxidos e hidróxidos de Fe, agregados de cor negra com brilho metálico (predominantemente “calcocite”).



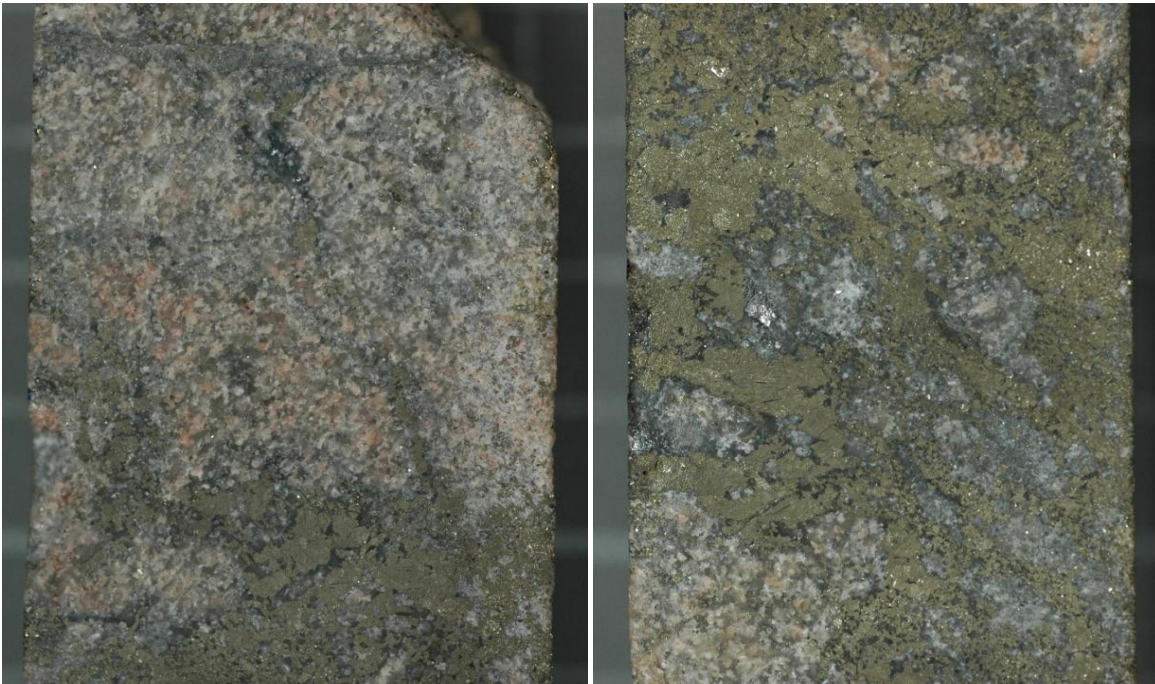
M77A-5



M102

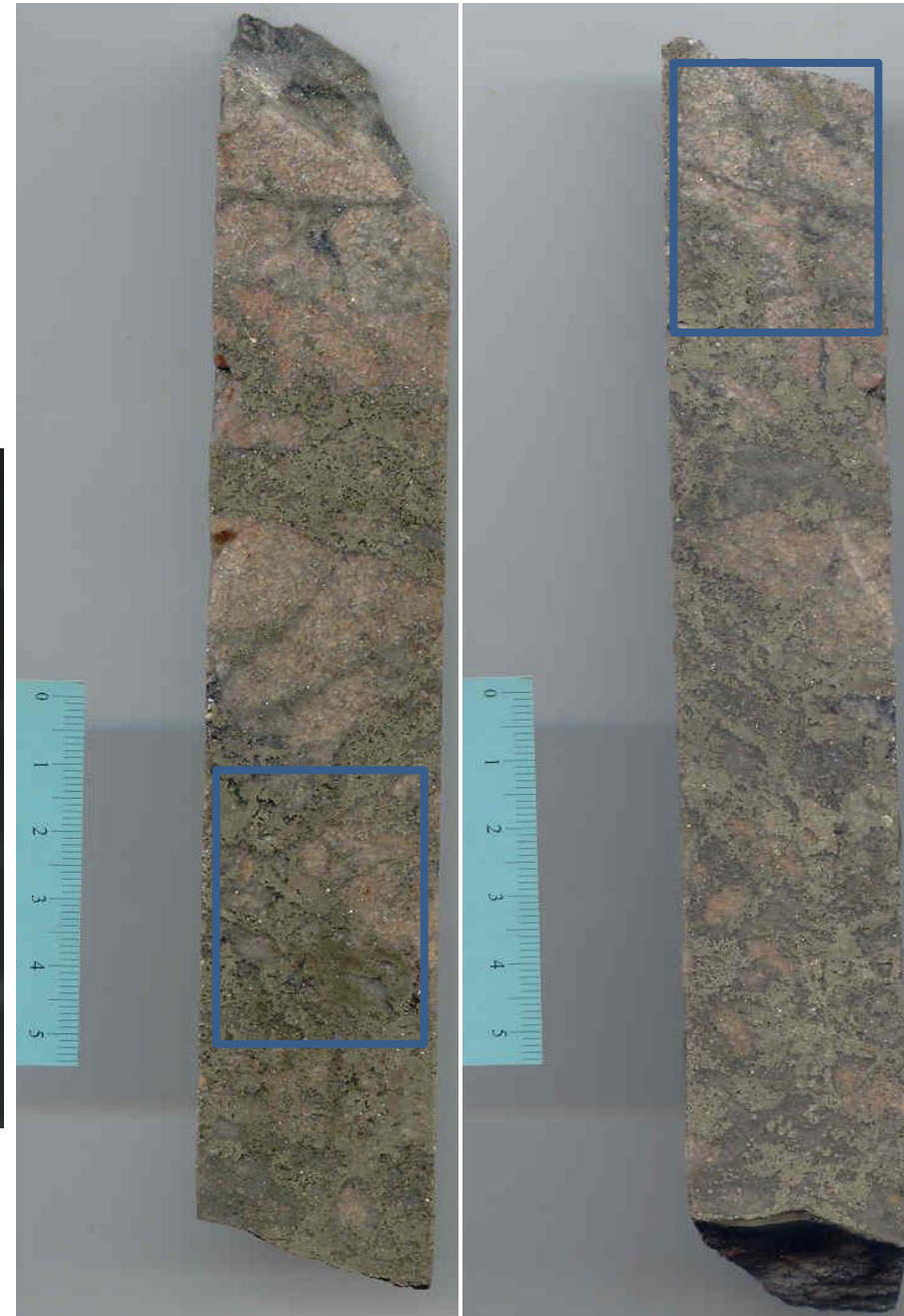
M102-1

- Rocha brechificada de matriz subarcósica.
- Mineralização associada à brechificação, apresentando predominantemente pirite e um agregado negro de brilho metálico (“calcocite”).



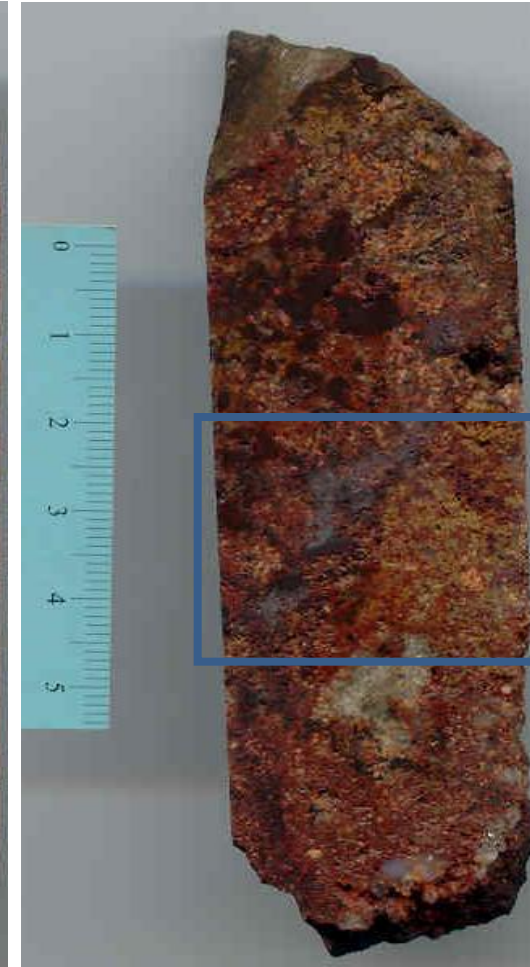
Duas lâminas:

- uma para verificar o carácter genético;
- uma para a mineralização.



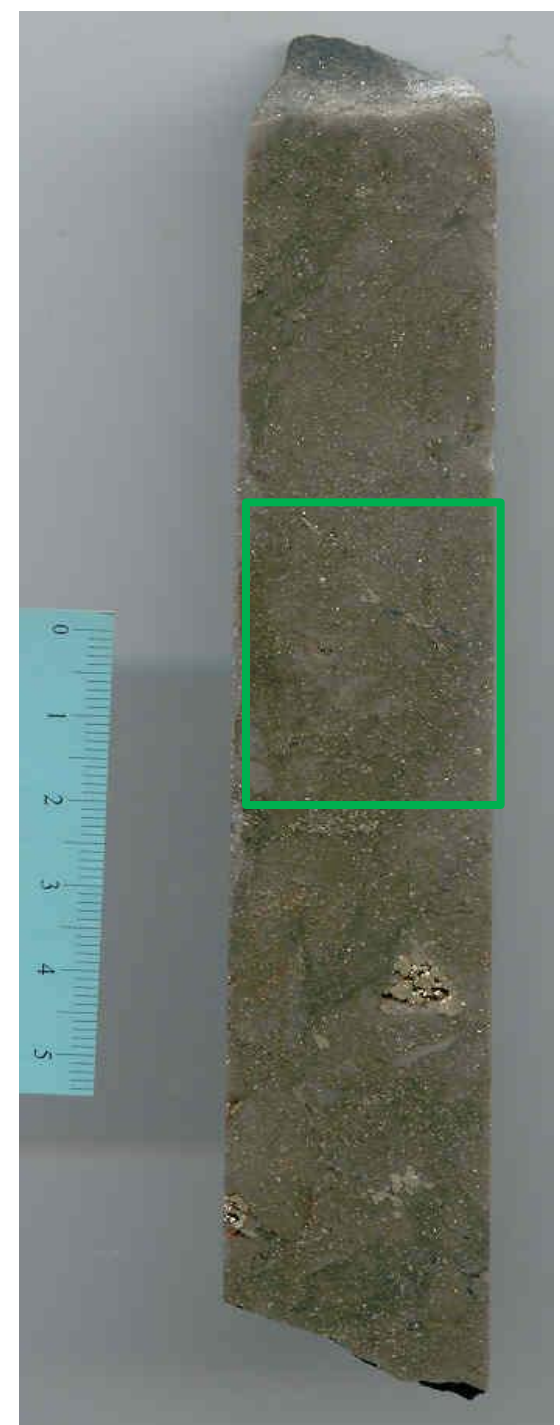
M102-2

- Rocha de natureza arenítica subarcósica, de tonalidade geral alaranjada, localmente amarelo-esverdeada;
- Mineralização quer disseminada, quer controlada por fractura, sendo constituída essencialmente por uma fase de cor negra c/ brilho metálico (hematite) a qual apresenta uma *patine* de alteração vermelho terroso, para além de alguma pirite.



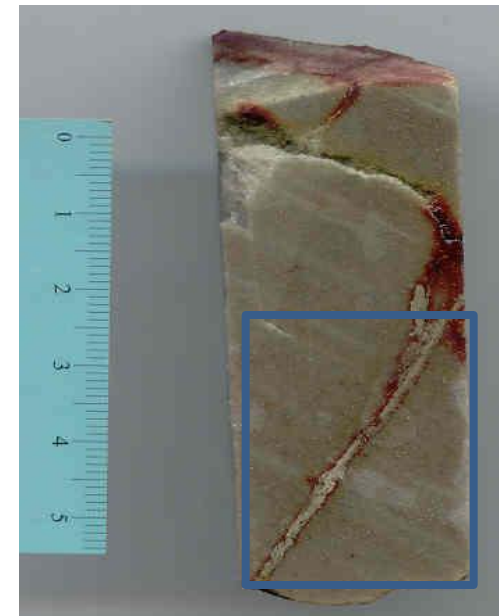
M102-3

- Rocha texturalmente idêntica à M105-1/3/4;
- Apresenta cor cinzenta, natureza siliciosa e granularidade muito fina, cortada por uma rede de microfraturas.
- Mineralização do tipo disseminado, consistindo essencialmente em pirite que, localmente, se faz acompanhar por “calcocite” (agregados cinza c/ brilho metálico).



M102-4

- Rocha siliciosa de granularidade muito fina, apresentando intercalações subparalelas (SO?) predominantemente constituídas por uma fase mais clara e menor dureza (carbonatos?); todo o conjunto é cortado por fracturas e filonetes irregulares, estando estes últimos mineralizados.
- Mineralização quer do tipo disseminado quer controlada por fractura, sendo constituída por pirite e “calcocite” (agregados cinzento escuro c/ brilho metálico);
- Os filonetes mineralizados apresentam os bordos alterados para óxidos e hidróxidos de Fe .



M102-5

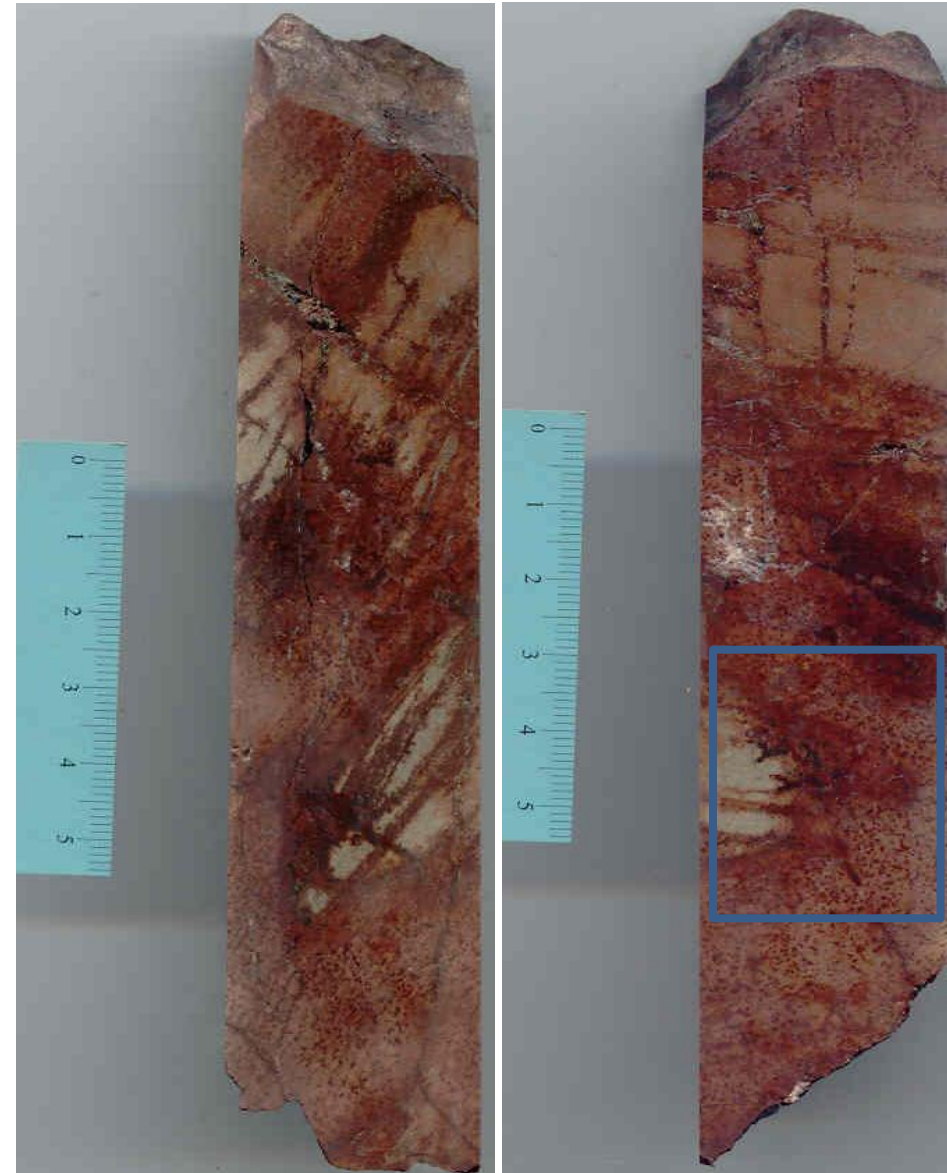
- Rocha intensamente brechificada e fracturada (cataclase prévia), com clastos carbonatados de cor rosada;
- Presença de mais do que uma geração de carbonatos;
- Mineralização do tipo disseminado, consistindo de pirite e de uma massa de cor negra c/ brilho metálico (“calcocite”). A pirite surge frequentemente com forma subédrica, parecendo ter crescido sobre os clastos rosados. Presença de uma fase de alteração, muito branda, de cor branca (sulfatos de Cu?).

○ → Pirite a crescer sobre clasto.



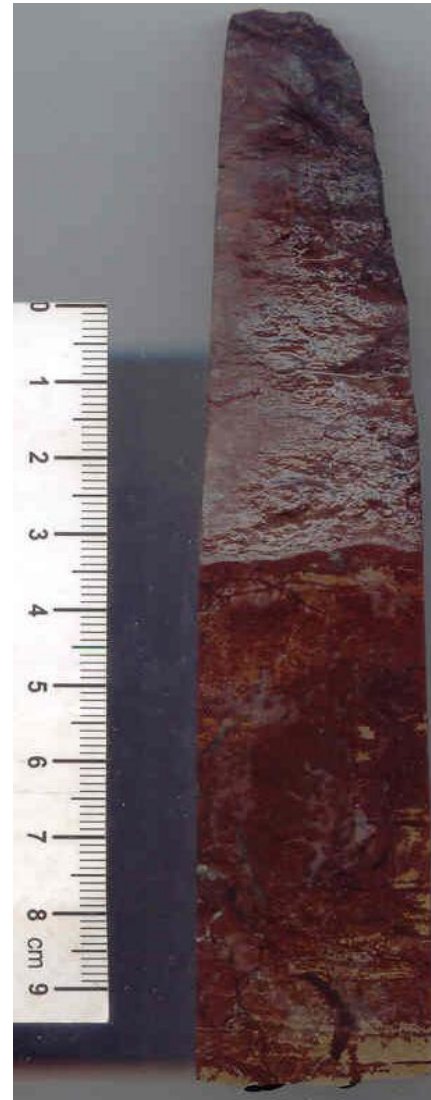
M102-6

- Amostra pouco densa, de natureza quartzosa e tonalidade avermelhada (hematitizada), cortada por uma série de fracturas que aparentam condicionar a circulação de fluidos responsável pela alteração quase pervasiva da rocha;
- A rocha inicial parece corresponde aos "clastos" mais claros, os qual foram alterados para a massa de cor avermelhada;
- Mineralização do tipo disseminada consistindo em pirite no seio de agregados de cor negra c/ brilho metálico (hematite/goethite).



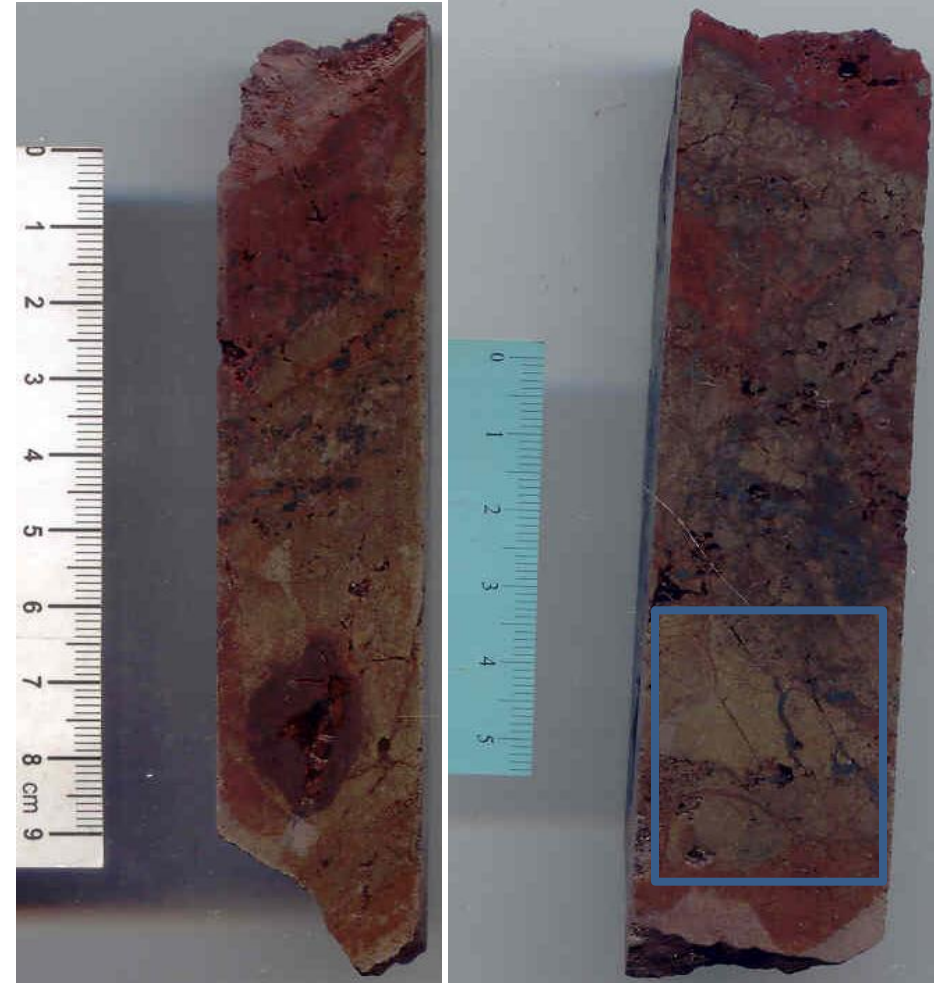
M102-7

- Rocha de matriz quartzosa, heterogeneamente cortada por, pelo menos, duas gerações de fracturas;
- Encontra-se parcialmente coberta por uma *patina* de alteração de cor castanha, localmente alaranjada, resultante da alteração da mineralização;
- Mineralização associada às fracturas e disseminada. Consiste essencialmente em agregado de cor negra c/ brilho metálico (preferencialmente associado às fracturas sujeito a alteração tardia intensa – hematite) e pirite (a qual surge por vezes no seio dos agregados anteriores).



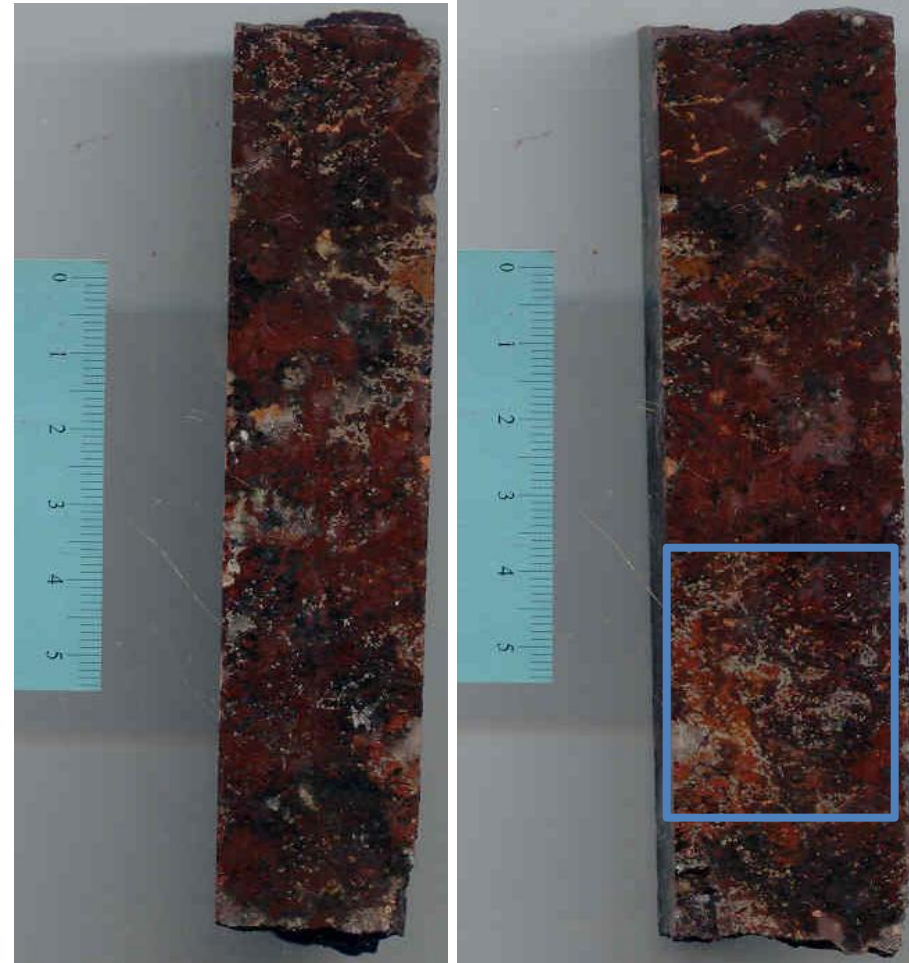
M102-8

- Amostra de minério maciço, de granularidade fina, constituído por pirite e um agregado de cor negra/cinza escuro c/ brilho metálico (“calcocite”), o qual preenche também diversas fracturas (secundário);
- O domínio sulfuretado primário apresenta evidências de brechificação/cataclase ante-fracturação.;
- Dois tipos de alteração distintos: um, de coloração castanho-alaranjado que parece predominar nos níveis mais ricos em pirite; outro, de cor salmão/avermelhado que surge predominantemente sobre a massa de cor negra.



M102-9

- Rocha intensamente brechificada e fracturada, com clastos carbonatados de cor castanha (dolomite) no seio de uma matriz de natureza muito diversa, mas predominantemente constituída por minerais hialinos e minerais com crescimento concêntrico (calcite);
- Mineralização do tipo semi-maciça, composta por um agregado de cor negra c/ brilho metálico (hematite) e Cu nativo;
- Desenvolvimento de domínios de alteração com tonalidade amarelada, alaranjada e castanho avermelhada (impregnações de hidróxidos de Fe nos carbonatos); sublinha-se a sua forte reacção ao ácido clorídico.



M102-10

- Rocha cataclasada, à qual parece sobrepor-se uma rede bastante extensa de fracturas e filonetes.
- Clastos de cor negra (natureza metálica?);
- Fracturas e filonetes essencialmente preenchidos por carbonatos (branco e cinza, mais frequentes nos filonetes) e por produtos de alteração com coloração castanho alaranjado e salmão (hidróxidos de Fe);
- Mineralização do tipo semi-maciça (confirmando-se o carácter metálico dos clastos), essencialmente constituída por agregados de cor negra de brilho metálico (hematite) e Cu nativo.
- Presença de um agregado tardio de cor amarelo-esverdeado (carbonatos).

○ → massa amarelo-esverdeado



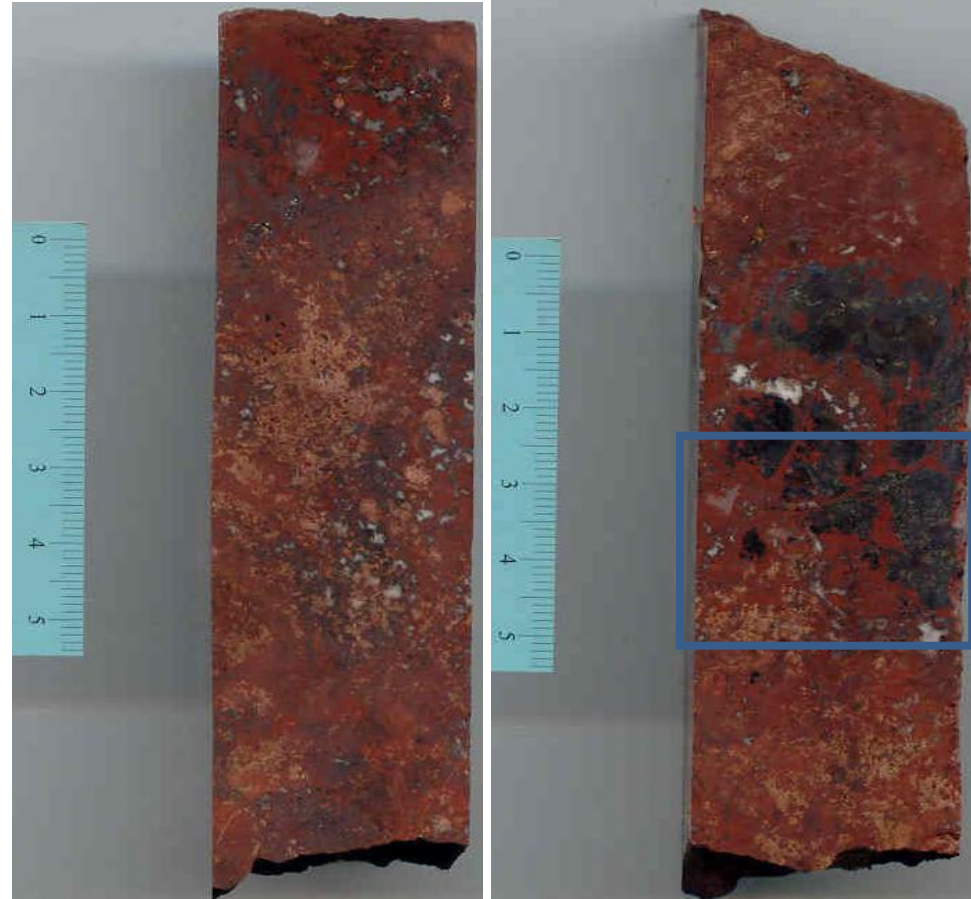
M102-11

- Testemunho revelando características macroscópicas idênticas às descritas para os exemplares M105-13/15/16.



M102-12

- Rocha constituída essencialmente por uma fase metálica de cor cinzento escuro (“calcocite”), a qual se encontra alterada para uma massa de tonalidades castanho avermelhado e alaranjadas (hidróxidos de Fe), cortada heterogeneamente por uma rede de fracturas preenchidas por carbonatos tardios;
- Mineralização do tipo semi-maciço, constituída predominantemente pela fase metálica supra referida e Cu nativo.
- É de notar o hábito botrioidal de agregados negros nas zonas não polidas do testemunho (hematite).



M102-13

- Amostra idêntica às duas anteriores. Acrescente-se apenas o registo mais evidente de filonetes preenchidos por carbonatos, alguns dos quais, escassos, de cor vermelha e, ainda mais raramente, esverdeado.



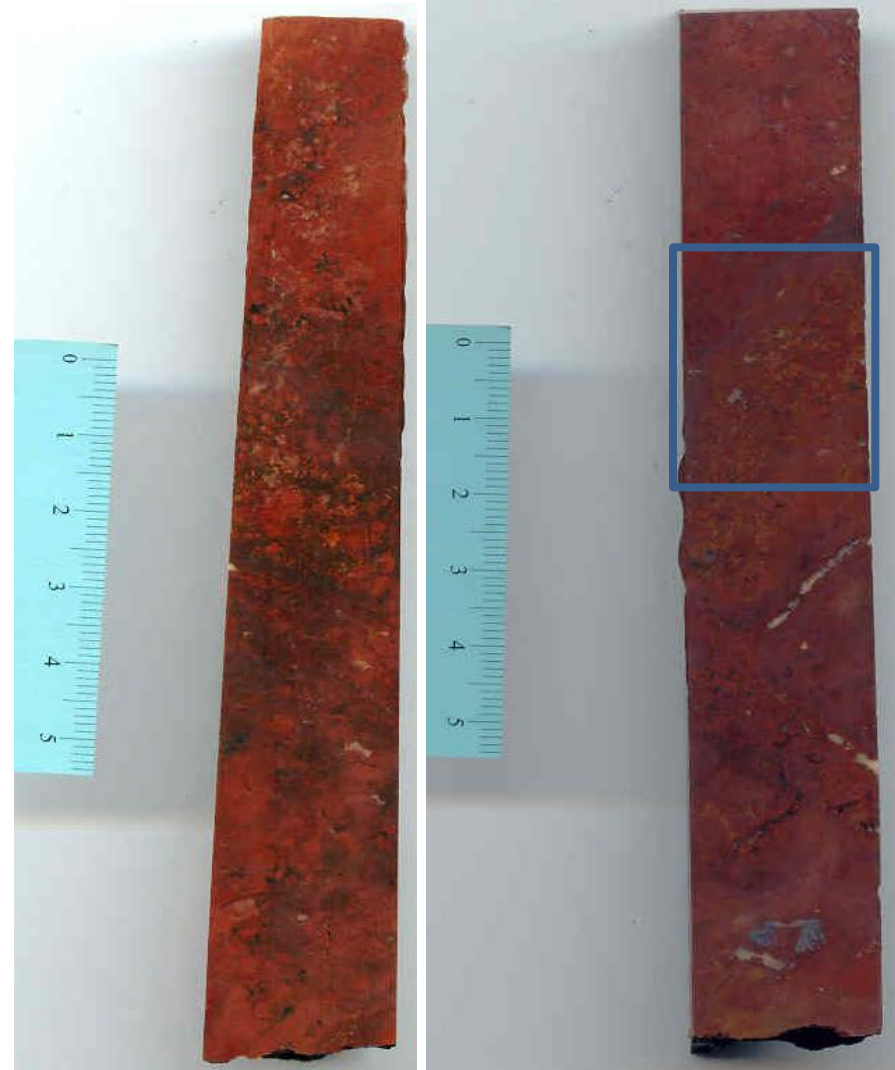
M102-14

- Rocha de textura brechificada;
- Presença de uma facturação, não muito intensa, parcialmente mineralizada;
- Mineralização semi-maciça, constituída por pirite e um agregado de cor negra c/ brilho metálico (óxidos de Fe). Os domínios mineralizados encontram-se na sua maioria alterados e substituídos parcialmente por agregados de cor alaranjada (hidróxidos de Fe).



M102-15

- Rocha de matriz carbonatada (reacção ao ácido clorídico) de cor castanho avermelhado e laranja, a qual é cortada por filonetes preenchidos por carbonatos;
- Mineralização disseminada e controlada por fractura, constituída por agregados de cor negra (hematite) e branco acinzentado (calcocite), ambos c/ brilho metálico, para além de Cu nativo em quantidades muito pouco significativas.



M102-16

- Rocha constituída essencialmente por uma fase de cor negra com brilho metálico (hematite) a qual se encontra parcialmente alterada e substituída por agregados de cor vermelho acastanhado (que reagem positivamente ao ácido e conferem a tonalidade geral ao testemunho – hidróxidos de Fe impregnados em carbonatos);
- Evento de cataclase prévia;
- Regista-se uma zonação dos "clastos" (pseudo-morfozes), entre a fase metálica e a fase de cor vermelha;
- Mineralização semi-maciça predominantemente constituída por óxidos de Fe (fase de cor negra c/ brilho metálico) e Cu nativo.



M102-17

- Amostra com textura brechóide constituída essencialmente por fase de cor cinzento escuro c/ brilho metálico (calcocite) intercrescida com Cu nativo; a natureza do cimento (hidrotermal) é carbonatada, calcítica;
- A tonalidade avermelhada verificada no testemunho deve-se à presença de agregados da mesma cor [(hidr)óxidos de Fe] resultantes da alteração da calcocite. Salienta-se o facto de a mesma reagir ao ácido;
- Mineralização do tipo semi-maciço.



M102-18

- Testemunho de textura brechóide, idêntico ao M102-16; não se verifica no entanto o carácter zonado dos clastos.
- Mineralização do tipo semi-maciço consistindo na sua quase totalidade de uma massa de cor negra/ cinzento escuro c/ brilho metálico (óxidos de Fe) e, como acessório, Cu nativo.



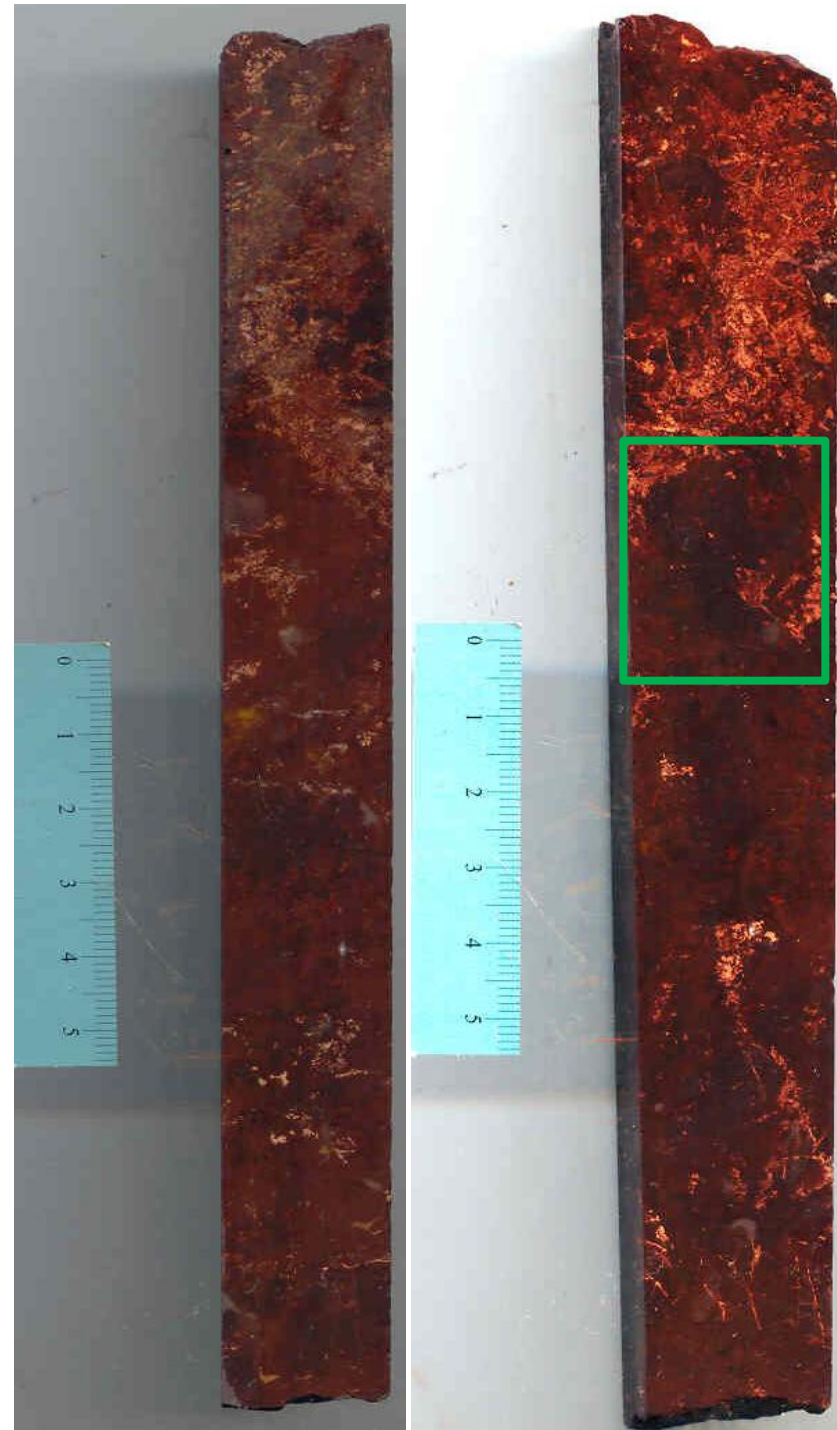
M102-19

- Testemunho macroscopicamente equivalente ao referenciado por M102-18.



M102-20

- Testemunho idêntico ao M102-17.



M102-21

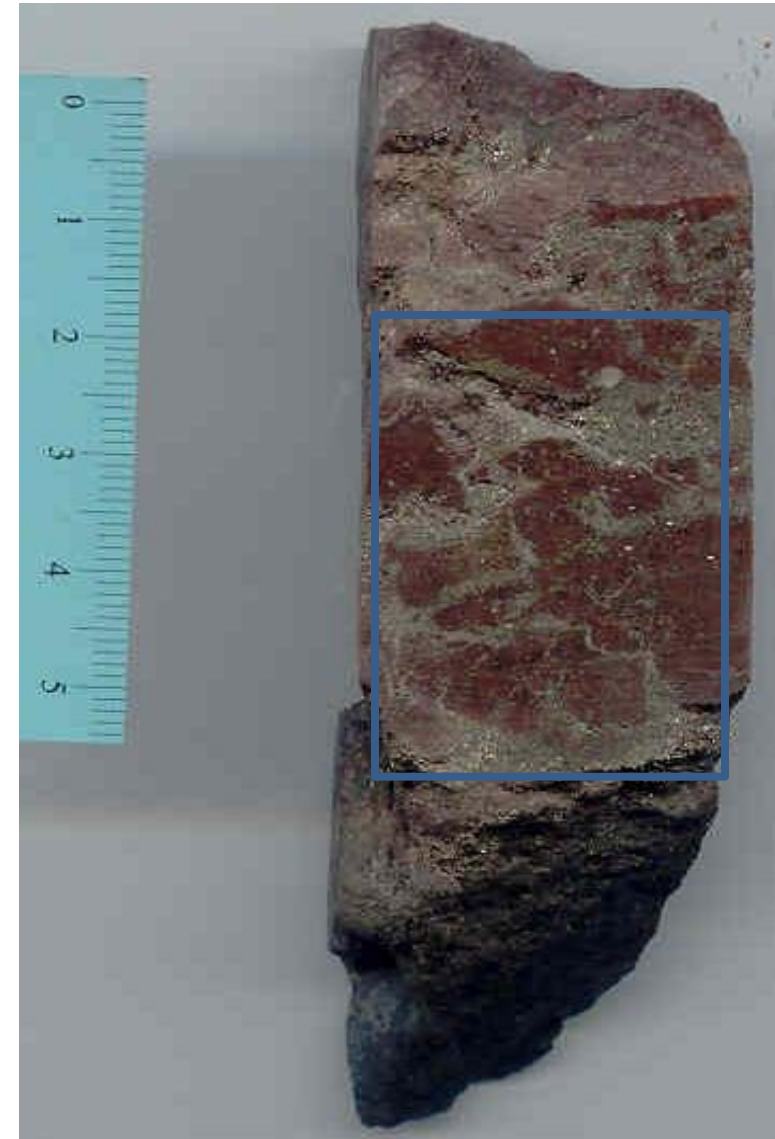
- Minério maciço de granularidade muito fina constituído por: pirite, uma massa de cor castanha (hidróxidos de Fe resultantes da oxidação da pirite) e um agregado de cor cinza azulado c/ brilho metálico (“calcocite”).
- O domínio sulfuretado primário apresenta evidências de brechificação/cataclase ante-fracturação.
- Localmente cortado por uma rede de fracturas; estas últimas encontram-se maioritariamente preenchidas por um agregado secundário de cor castanho avermelhado (hidróxidos de Fe), para além da fase metálica de cor cinza azulado (“calcocite”).



M103

M103-1

- Brecha hidrotermal, com clastos arcóscicos de cor castanha e cimento carbonatado;
- Mineralização quer associada ao cimento hidrotermal, quer disseminada nos clastos, sendo essencialmente constituída por pirite e menores quantidades de um agregado de cor negra c/ brilho metálico (“calcocite”).

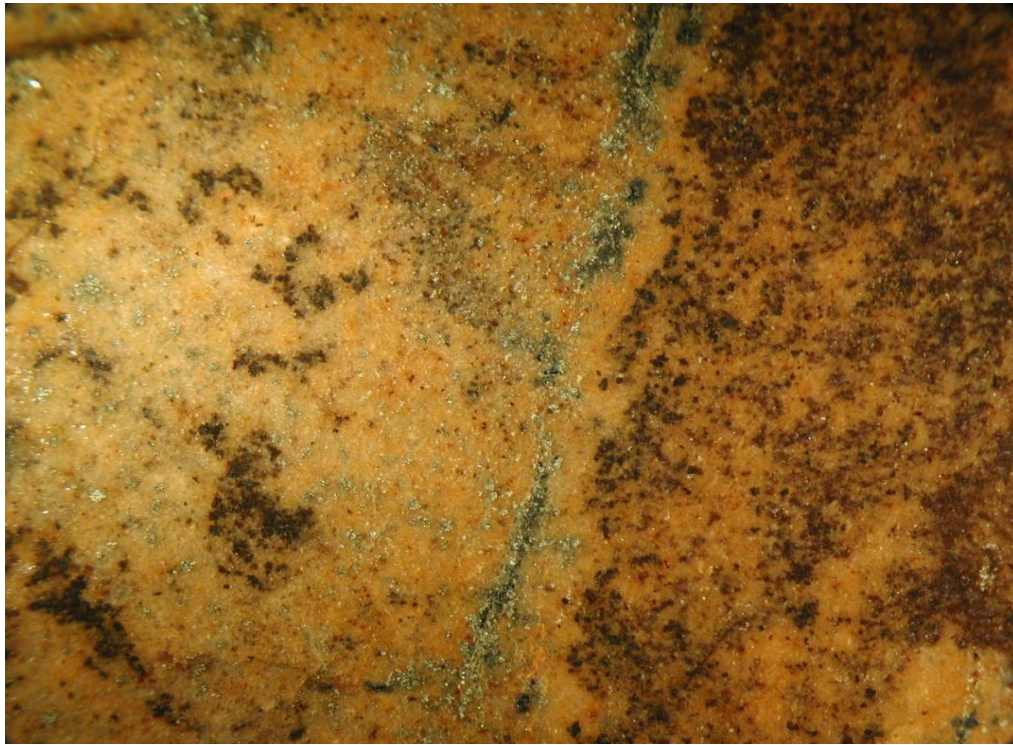


M103-2

- Rocha de cor salmão e natureza arcósica com uma importante componente carbonatada (representada pelos domínios castanhos);
- Cortada por uma extensa rede de pequenas fracturas as quais parecem ter condicionado a circulação de fluidos responsável pela alteração pervasiva verificada;
- Associada às fracturas surge uma 2ª geração de carbonato, de cor esbranquiçada.
- Mineralização associada à instalação da rede de fracturas e constituída essencialmente por um agregado de cor negra/cinza escuro com brilho metálico (“calcocite”) e alguma pirite.

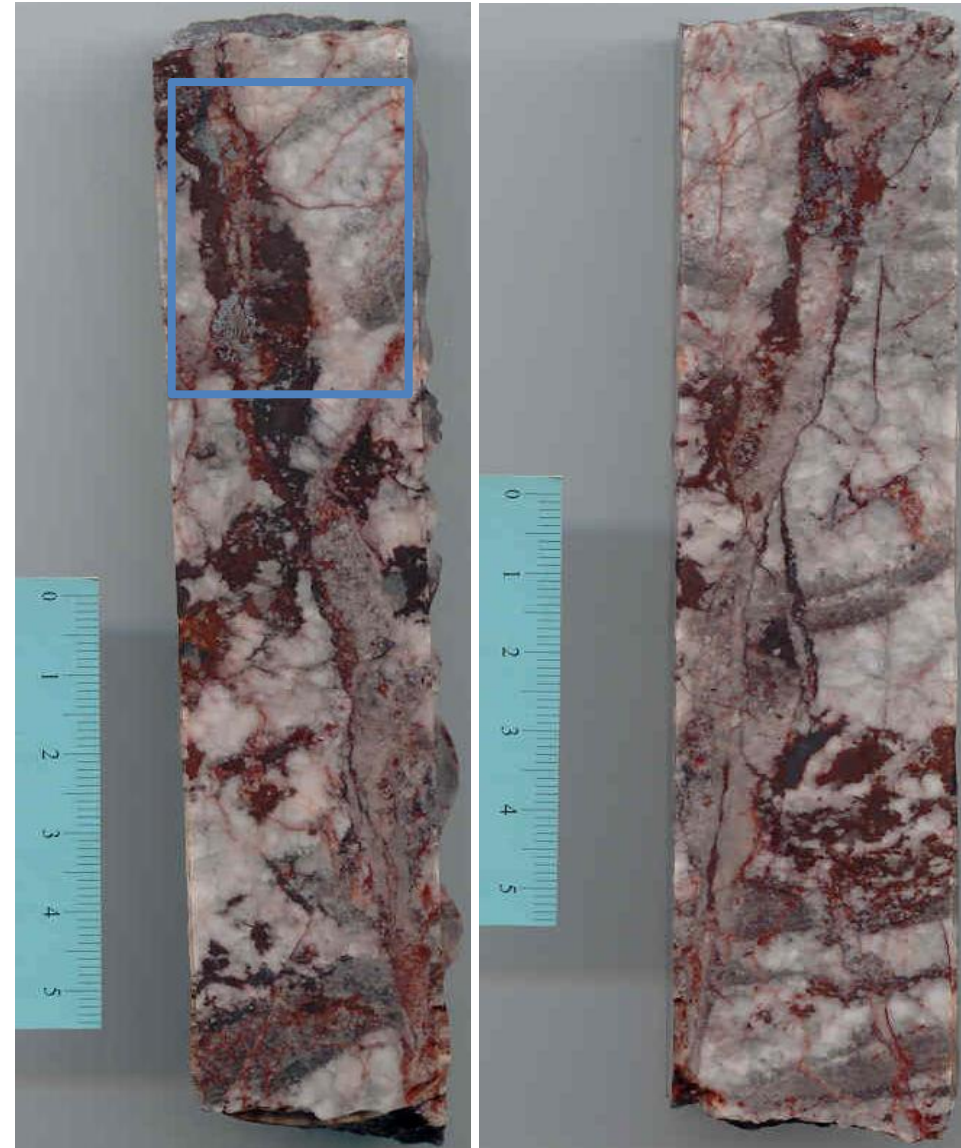


M103-2



M103-3

- Amostra texturalmente semelhante à M77A-5;
- Rocha carbonatada grosseira intensamente recortada por uma densa rede de veios/filonetes mineralizados, possivelmente incluindo duas (principais) gerações de descontinuidades.
- Mineralização controlada estruturalmente quase exclusivamente constituída por um agregado de cor cinza-azulado com brilho metálico (calcocite), pirite e muito raramente Cu nativo;
- Os veios/filonetes são parcialmente constituídos por um material de cor salmão/vermelho terroso (óxidos e hidróxidos de Fe) resultante da alteração dos sulfuretos constituintes da mineralização;
- A quantidade de pirite poderá ter sido substancial dado o elevado número de box-works observados na amostra;
- É de salientar a presença de pirite no seio dos agregados de (hidr)óxidos de Fe.



M103-3



M105

M105-1

- Rocha de natureza arenítica, arcósica, de grão fino, heterogeneamente fracturada.
- Na dependência das fracturas encontram-se minerais metálicos e pequenos domínios de tonalidade avermelhada resultantes da oxidação dos mesmos;
- Mineralização quer do tipo disseminado quer controlada por fractura, dominada por pirite e uma fase de cor negra c/ brilho metálico (“calcocite”) intercrescida com a primeira.



M105-2

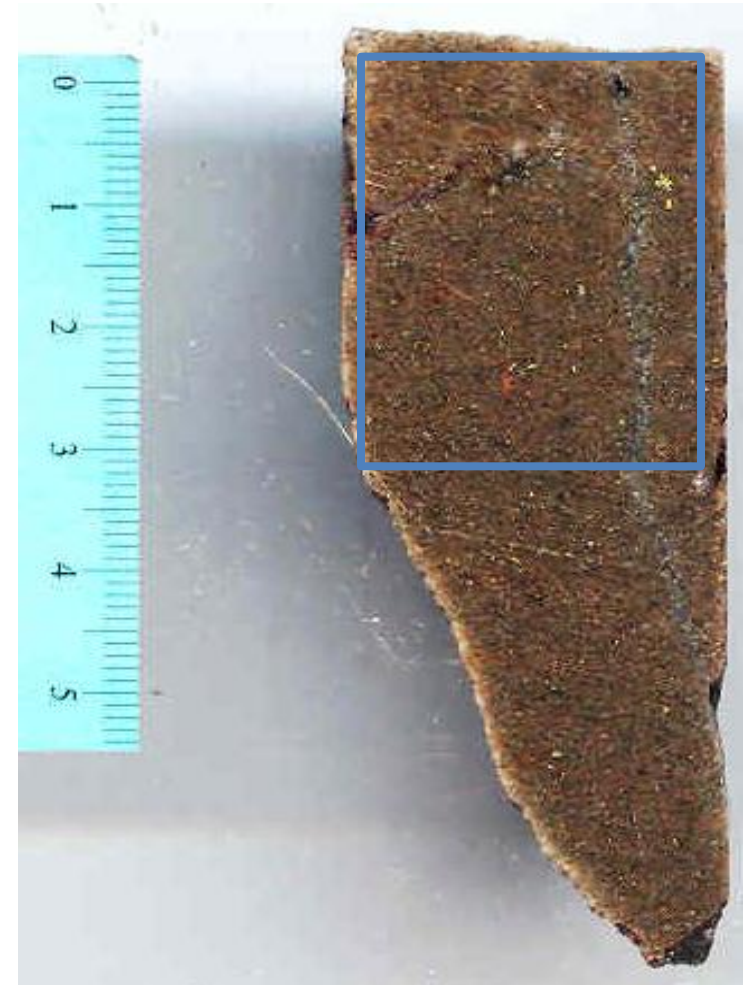
- Rocha de cor cinzenta e natureza carbonatada, heterogeneamente brechificada, tardiamente cortada por diversas gerações de fracturas;
- Presença de domínios com carbonato branco acinzentado, de granularidade mais grosseira, possivelmente resultante da recristalização da matriz;
- Nos domínios mais fracturadas surgem carbonatos com tonalidades salmão, possivelmente reflectindo impregnações (sub)microscópicas de (hidr)óxidos de Fe;
- Mineralização claramente controlada pela fracturação. Consiste em pirite (predominante), “calcocite” (agregado de cor negra c/ brilho metálico intercrescido com pirite) e, localmente, calcopirite.



M105-3

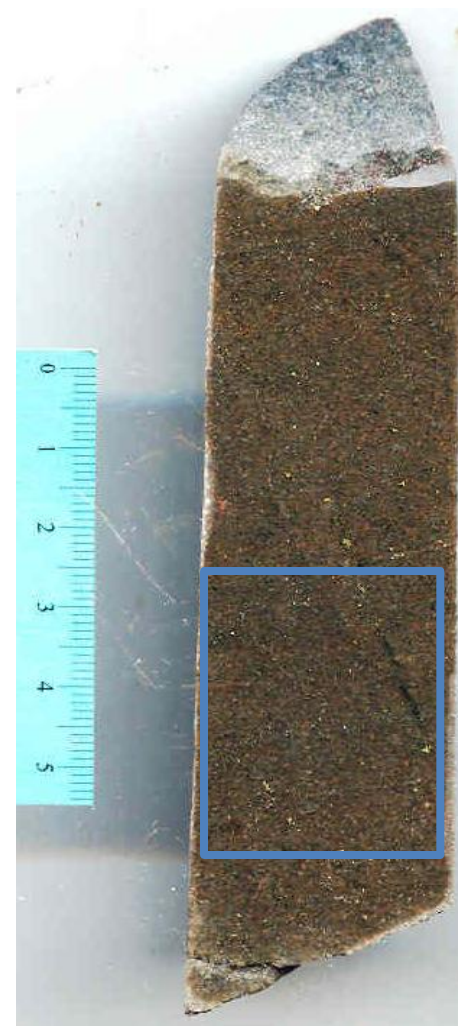
• Testemunho em tudo idêntico ao referenciado como M-105-1, salientando-se no entanto as seguintes diferenças:

- Presença de carbonatos grosseiros no preenchimento de fracturas;
- Maior quantidade relativa de calcopirite.



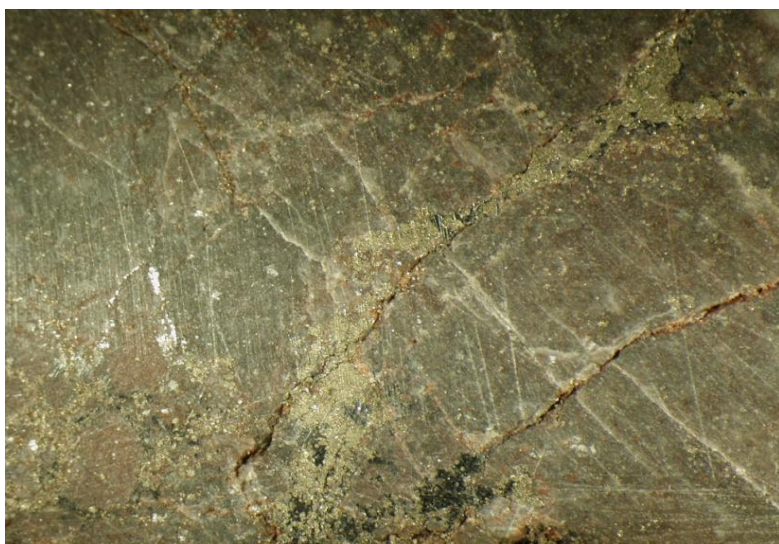
M105-4

- Testemunho macroscopicamente equivalente ao referenciado como M-105-3.



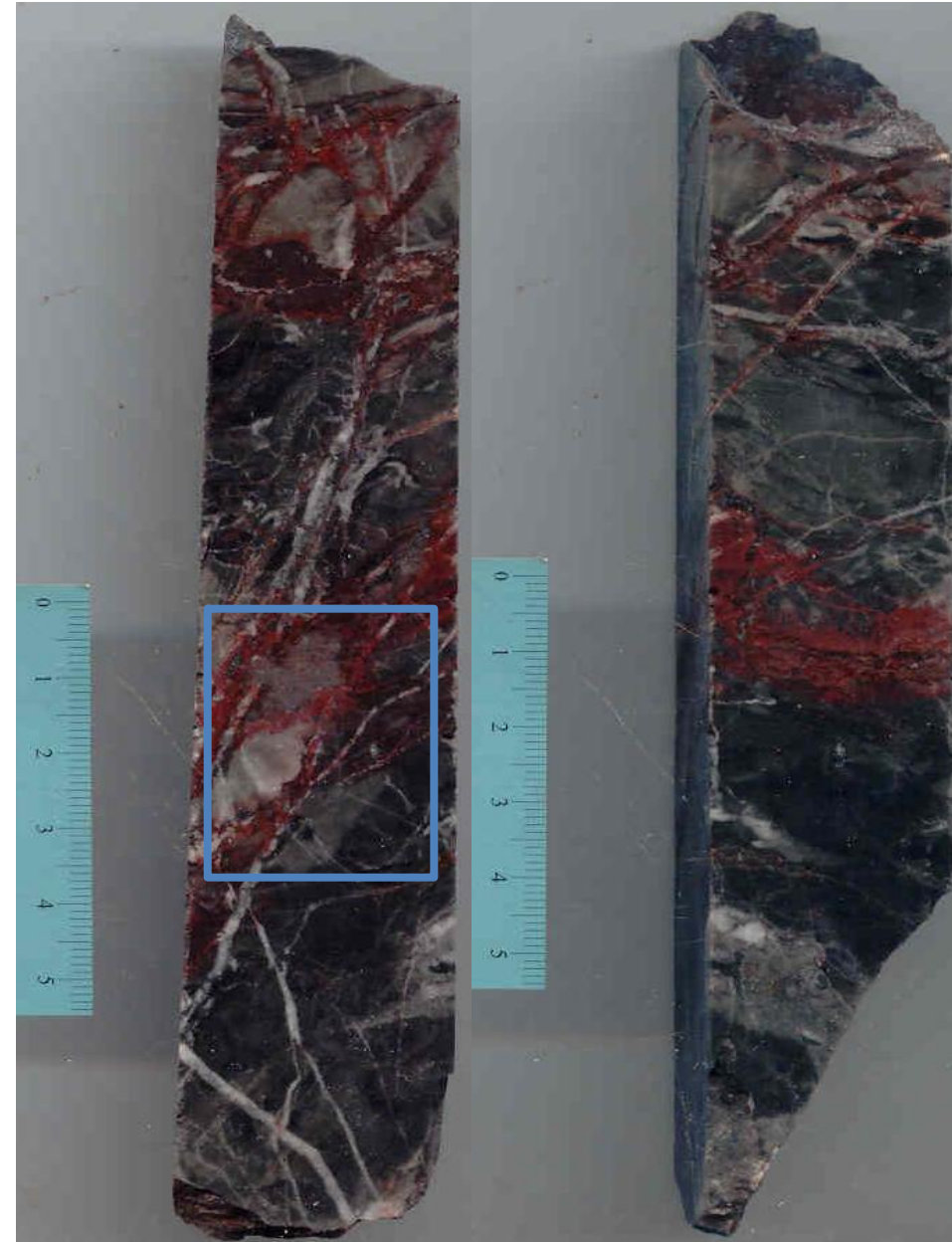
M105-5

- Testemunho textural e mineralogicamente idêntico (em termos macroscópicos) ao referenciado como M-105-2.



M105-6

- Testemunho texturalmente semelhante ao referenciado como M-105-2, não obstante preservar uma zona de cisalhamento;
- Mineralização controlada tectonicamente, com clara predominância de uma massa de cor negra c/ brilho metálico (“calcocite”) relativamente à pirite, a qual surge como fase acessória;
- As zonas mais fracturadas, e consequentemente mais mineralizadas, encontram-se significativamente oxidadas/alteradas conforme inferido com base no desenvolvimento dos agregados finos de hidróxidos de ferro (tonalidades vermelho alaranjado), os quais impregnam também os carbonatos tardios (de cor salmão).



M105-6

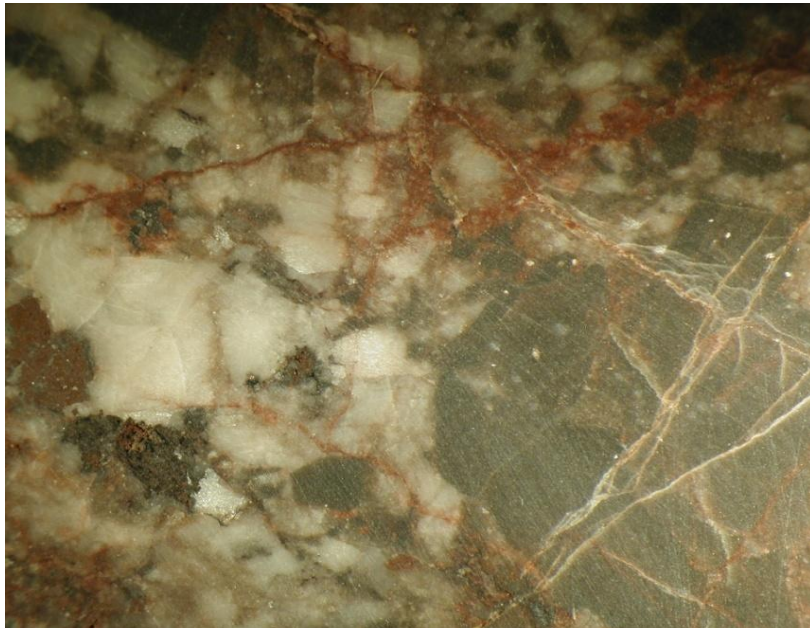
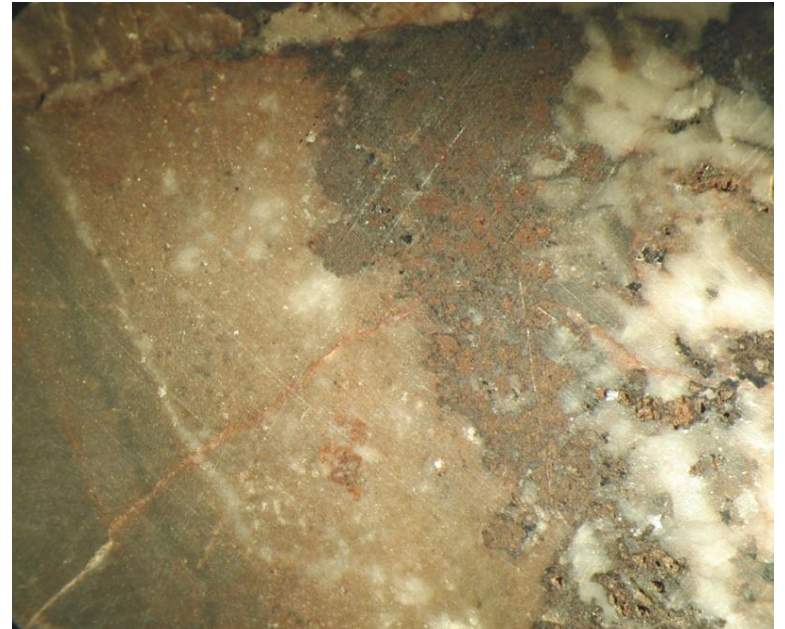
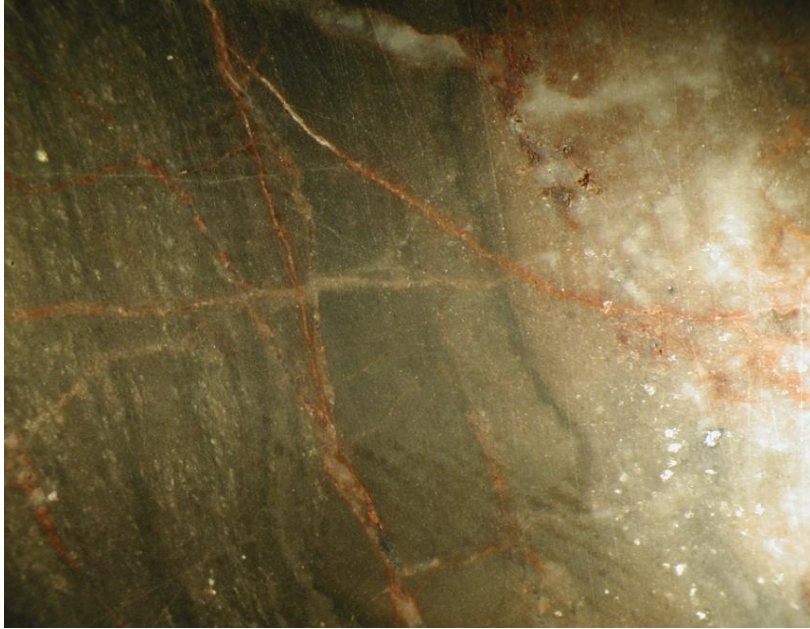


M105-7

- Rocha de cor negra e natureza carbonatada semelhante às amostras carbonatadas anteriores;
- Fracturação relativamente intensa (maior que nos seus congêneres), conduzindo a brechificação localizada heterométrica;
- Fracturas/filonetes/veios preenchidos por agregados grosseiros de carbonato;
- Mineralização controlada tectonicamente (ver corredor de cisalhamento*) sendo constituída por uma massa de cor negra c/ brilho metálico (“calcocite”). Os minerais metálicos encontram-se por vezes alterados e substituídos por agregados finos de cor castanho avermelhado/alaranja (hidróxidos de Fe).



M105-7



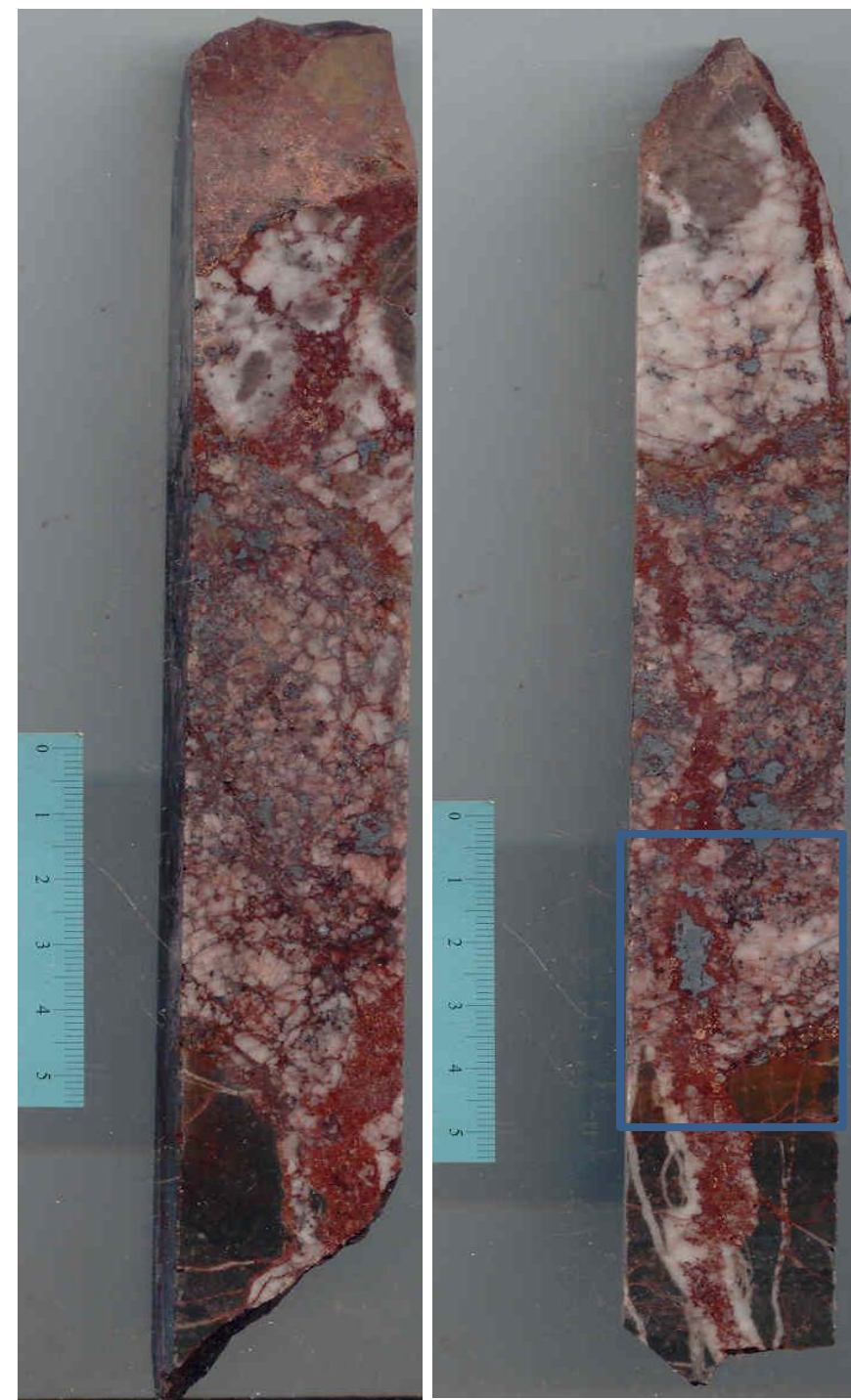
M105-8

- Testemunho idêntico ao anterior, mas com ligeiro incremento relativo da abundância de fases metálicas.



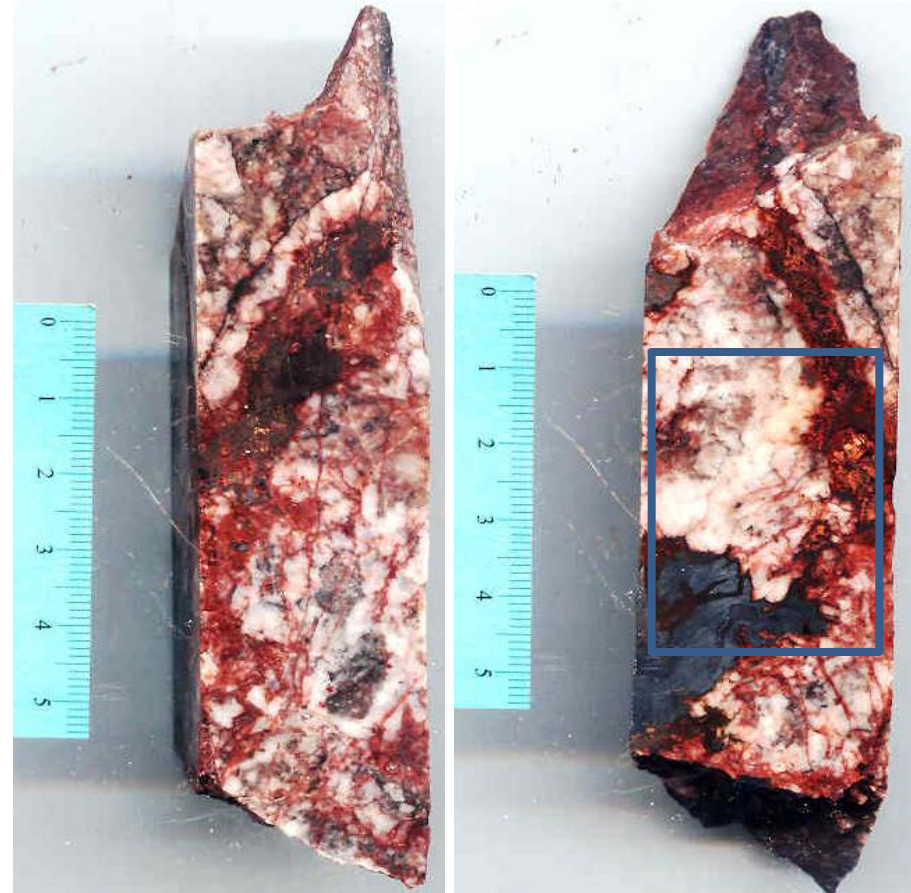
M105-9

- Rocha fortemente brechificada, com clastos de cor cinzento escuro de natureza carbonatada;
- O testemunho parece ser cortado um veio de dimensão decimétrica/corredor de cisalhamento, o qual é posteriormente cortado por um filonete com cerca de 1 cm de espessura;
- Os veios e filonetes encontram-se selados por fases metálicas e carbonatos grosseiros brancos e salmão (tonalidade resultante das impregnações de hidróxidos de Fe);
- Mineralização claramente controlada por fractura, encontrando-se sempre associada aos carbonatos, tardios, sendo constituída por uma massa de cor cinza escuro c/ brilho metálico (calcocite) e por Cu nativo;
- Zonas mineralizadas frequentemente alteradas para um material de cor castanho alaranjado/avermelhado (hidróxidos de Fe).



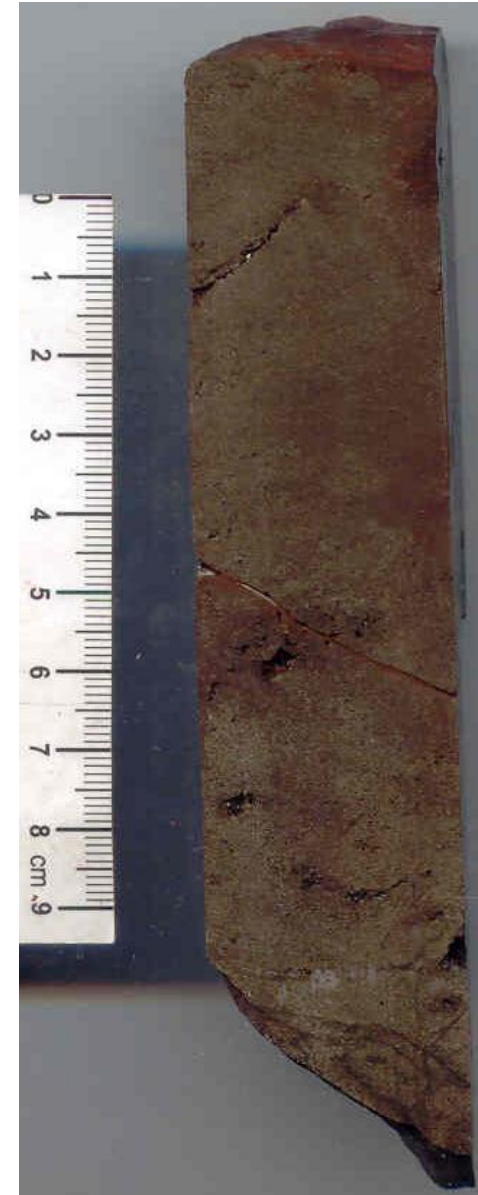
M105-10

- Rocha de natureza carbonatada, de aspecto brechificado, cortada por várias gerações de fracturas → análoga à M77A-5 e M103-3;
- Mineralização controlada tectonicamente, constituída por uma massa negro/cinza escuro c/ brilho metálico (“calcocite”) e Cu nativo.
- As zonas mineralizadas encontram-se frequentemente alteradas para domínios de cor castanho avermelhado (hidróxidos de Fe) e alaranjada/avermelhada (mais frequente nos domínios ricos em Cu nativo).



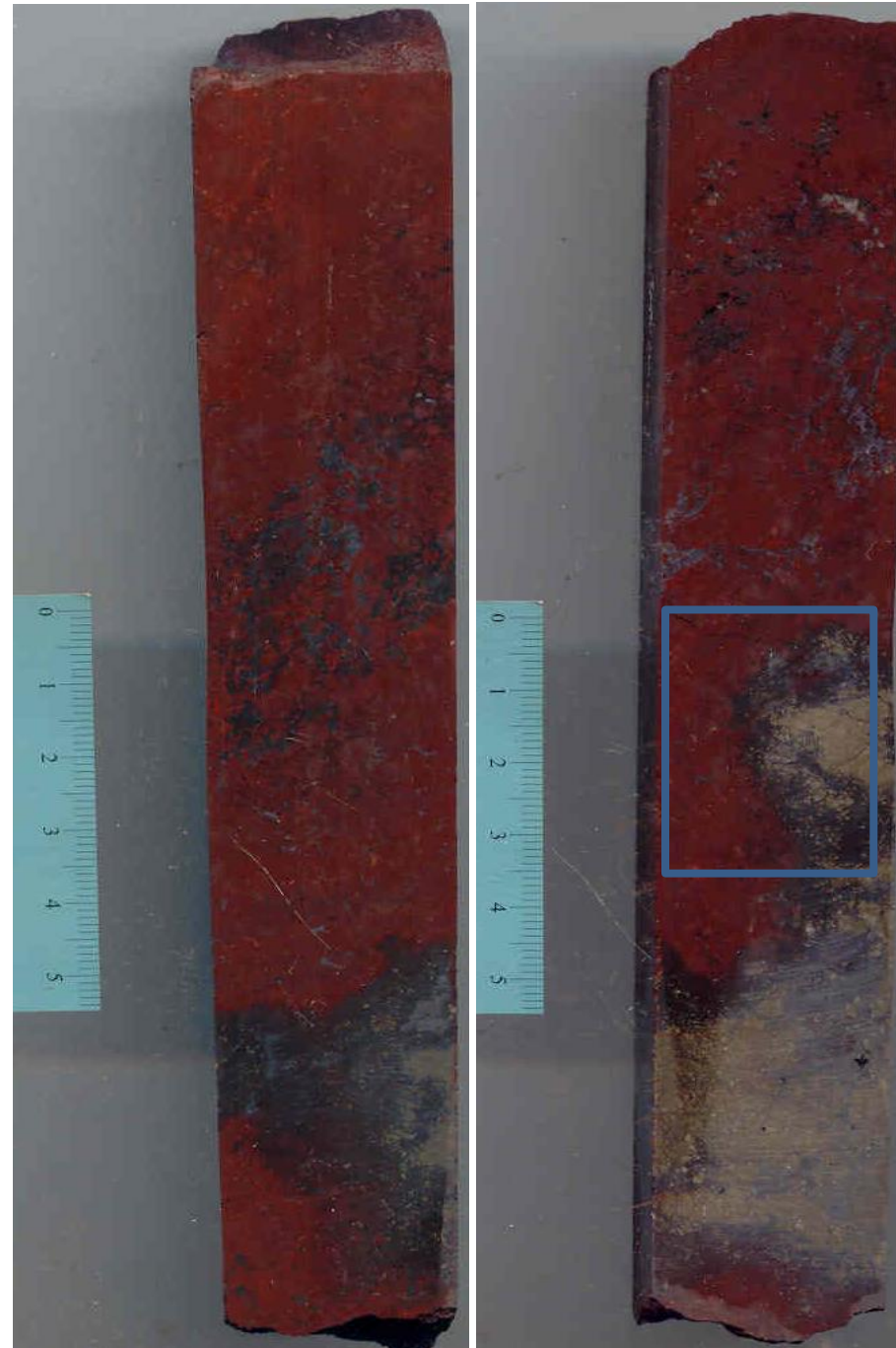
M105-11

- Minério maciço, de granularidade fina, constituído por essencialmente por pirite e “calcocite” (relativamente escassa, para além dos produtos da sua alteração/oxidação). Os (hidr)óxidos de ferro e a “calcocite” tendem a desenvolver uma “rede” em torno dos grãos de pirite;
- Testemunho com algumas cavidades e localmente cortado por uma rede de fracturas.



M105-12

- Mineralização do tipo maciço, localmente com algum carbonato. Fortemente alterada, para uma massa de cor avermelhada (óxidos e hidróxidos de Fe), sendo constituída por agregados de cor negra/cinza escuro com brilho metálico (“calcocite” e tenantite) e pirite;
- É de realçar o facto da pirite se encontrar invariavelmente na zona central da massa mineralizada, sendo rodeada e cortada pela “calcocite”, encontrando-se esta por sua vez envolvida pelas fases (hidr)óxidas tardias.



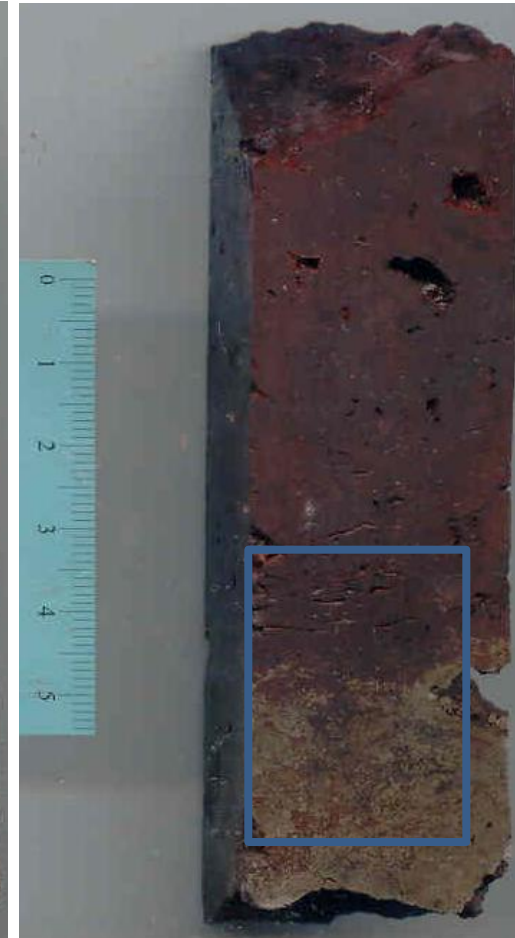
M105-13

- Rocha com textura brechóide, constituída essencialmente por uma fase de cor negra c/ brilho metálico (hematite - apresenta risca vermelha), apresentando-se fracturada e fortemente alterada para um material de tonalidade avermelhada (hidróxidos de Fe) ;
- Presença de carbonatos grosseiros, no preenchimento das fracturas e espaços intersticiais criados secundariamente (documentando a progressão de processos de dissolução-recristalização);
- Mineralização do tipo semi-maciço(?), compreendendo agregado de cor cinzento escuro, brilho metálico e hábito botrioidal (intercrescimentos ou crescimentos rítmicos de hematite/goethite) e Cu nativo;
- É de realçar a presença de uma orla de reacção de cor amarelada no contacto com os carbonatos grosseiros da base do testemunho.



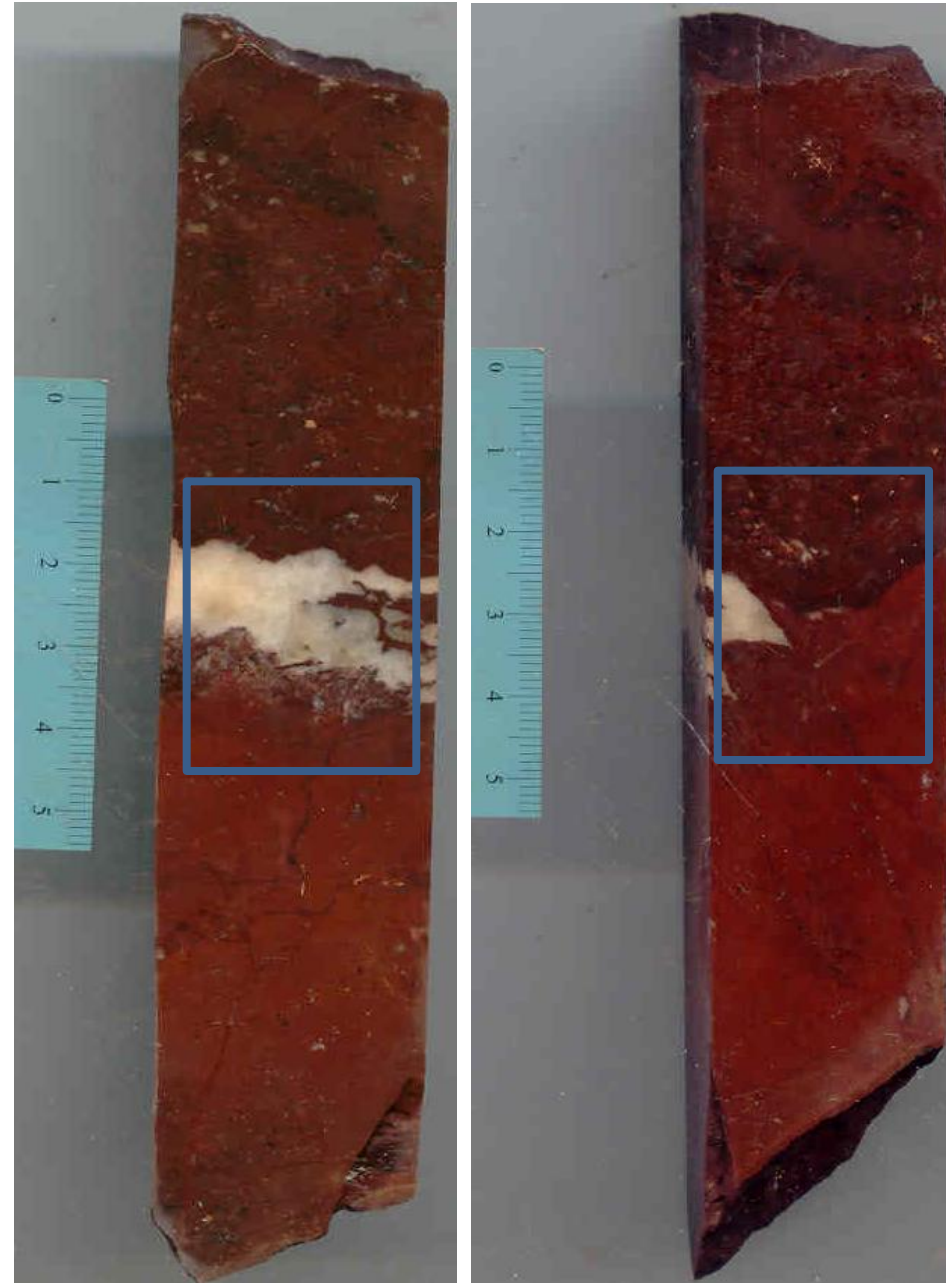
M105-14

- Minério maciço, constituído em mais de 50% por uma massa de cor cinzento escuro c/ brilho metálico (“calcocite”), o qual se desenvolve após pirite, apresentando-se por sua vez oxidado/alterado para um agregado fino de tonalidade avermelhada /vermelho acastanhado (constituído por hidróxidos de Fe);
- O testemunho apresenta alguma fracturação e cavidades frequentes nos domínios oxidados/alterados.



M105-15

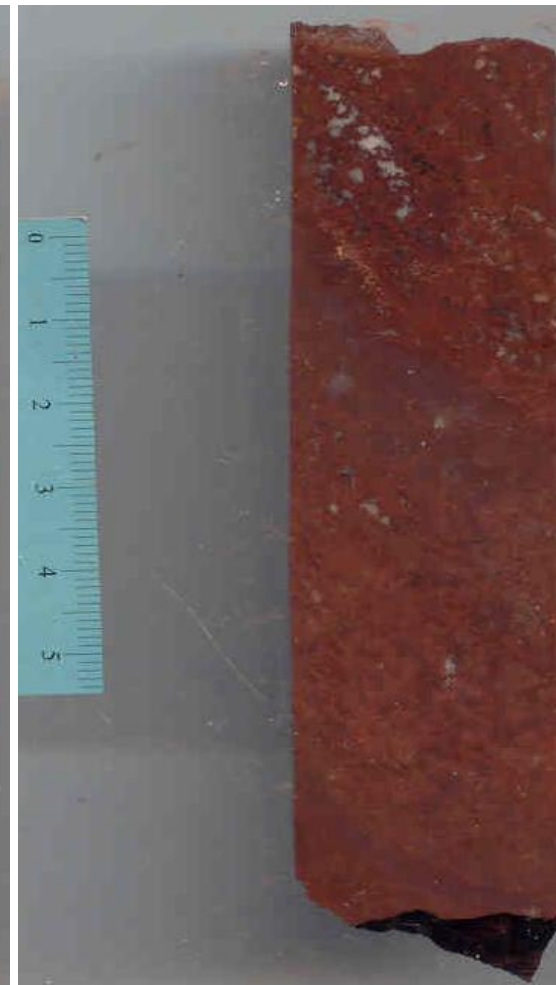
- Testemunho preservando transição clara entre dois domínios distintos: um, com textura brechóide (domínio de mineralização semi-maciça) e tonalidade castanho avermelhado (carbonatos dolomíticos), em tudo análogo ao observado e descrito para a amostra M105-13; outro, de tonalidade alaranjada, cortado por fracturas milimétricas a submilimétricas seladas por carbonatos (calcite). A transição faz-se quer abruptamente na face a tecto da referência, quer com a interposição de carbonatos de grão mais grosseiro (calcite) entre ambas;
- Mineralização do tipo semi-maciço, predominantemente constituída por um agregado de cor negra e brilho metálico (óxidos e hidróxidos de Fe) e algum Cu nativo.



M105-16

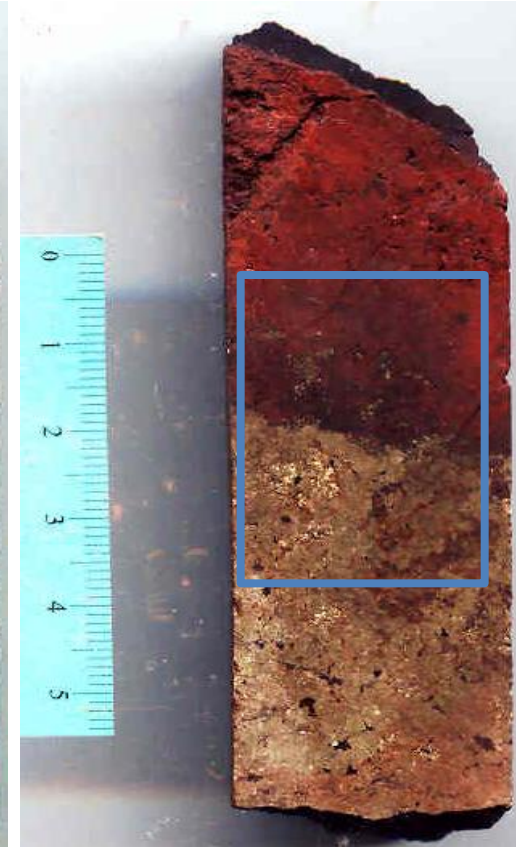
- Semelhante à anterior, com as seguintes diferenças:

- A cerca de 3/4 da amostra (na face a muro, da base para o topo) observa-se um contacto a partir do qual os efeitos da alteração parecem ser mais acentuados (sem se atingir no entanto um estado tão avançado como na amostra anterior);
- Quantidade mais significativa de Cu nativo disseminado.



M105-17

- Testemunho em tudo semelhante à M105-14.
- Distingue-se claramente a zona de alteração entre pirite, “calcocite” e (hidr)óxidos de Fe.



ANEXO 3 – FICHAS DE PETROGRAFIA

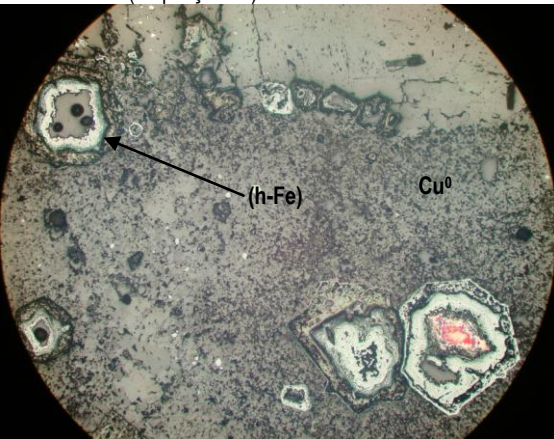
FICHA #1

<p>Referência: M-73B-1 (273,1m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Quartzo, feldspatos, carbonatos, pirite e "calcocite"^{*1}</p> <p>Associação mineral acessória: Moscovite, epídoto, rútilo, esfalerite e calcopirite</p> <p>Classificação: Meta-arenito subarcósico</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Rocha meta-arenítica subarcósica, de granularidade fina e mal calibrada. Apresenta matriz microcristalina/cimento de natureza siliciosa, com rara moscovite.</p> <p>Os grãos detriticos, subangulosos a subrolados, são essencialmente constituídos por quartzo e feldspatos. Os grãos de quartzo apresentam por vezes contactos suturados sugerindo a progressão de mecanismos de dissolução sob pressão; esporadicamente reconhecem-se grãos de epídoto. Verifica-se a existência de uma componente carbonatada que ocupa parte significativa da rocha, a qual surge sob a forma de bolsadas de cristais bem desenvolvidos, apresentando uma distribuição claramente heterogénea. Esta observação, conjuntamente com a presença de grãos detriticos no interior de tais bolsadas, leva a propor, ainda que com algumas reservas, que estas resultem de um processo de carbonatação tardio.</p> <p>A mineralização, do tipo disseminado, parece ser contemporânea do processo de carbonatação, dada a sua associação preferencial com os carbonatos e a presença de grãos detriticos no seu interior (tal como verificado nos últimos). É essencialmente constituída por pirite e "calcocite", frequentemente desenvolvendo intercrescimentos. Parecem existir duas gerações de pirite: 1) uma mais comum, com grãos de maiores dimensões, mais esbranquiçada (potencialmente indicador de Co na sua estrutura) e 2) uma outra mais fina, disseminada na matriz, de coloração mais amarelada. Acessoriamente surgem: 1) esfalerite, por vezes intercrescida com pirite; 2) calcopirite, sob a forma de grãos anédricos de dimensão muito pequena.</p>	
<p>Observações complementares: ^{*1} – <i>sensu lato</i>, representando as diversas composições intermédias entre Cu₂S e CuS das fases de sulfuretos de Cu, as quais apresentam diferentes tonalidades (cinza a diversos azuis), reflexo de variações nas proporções relativas de Cu e S.</p>	

Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada; aspecto geral da matriz detritica subarcósica compreendendo bolsadas carbonatadas (ampliação 10x).

Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x); intercrescimento de pirite (Py) e "calcocite" (Cct).

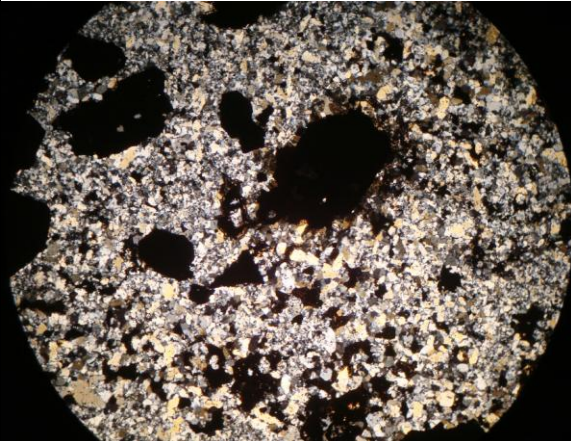
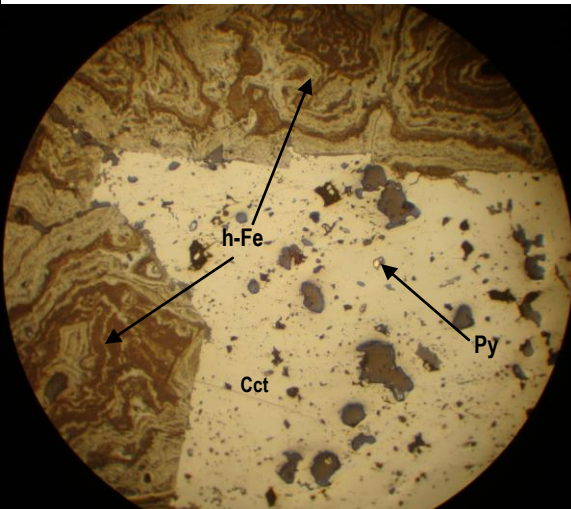
FICHA #2

<p>Referência: M-73B-2 (290,9m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Carbonatos, hematite, goethite e cobre nativo.</p> <p>Associação mineral acessória: Moscovite, talco, pirite, calcopirite e calcocite</p> <p>Classificação: Meta-calcário</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Rocha metacarbonatada de granularidade fina intersectada por rede de (micro)fracturas com geometria diversa, conferindo aspecto brechificado ao testemunho.</p> <p>As fracturas encontram-se seladas por carbonatos de granularidade muito superior à da matriz, fases opacas e, na fractura de maiores dimensões, clastos carbonatados de granularidade fina, certamente resultantes da fragmentação experimentada pelo protólito. Localmente, com particular incidência nos espaços intersticiais entre as fracturas e o protólito, encontram-se pequenos grãos de moscovite e talco. Na proximidade das fases opacas, quer disseminadas quer no preenchimento de fracturas, verifica-se impregnação de um material de cor avermelhada, criptocristalino, com abundantes reflexões internas vermelhas (hidróxidos de Fe).</p> <p>Mineralização quer do tipo disseminado, quer controlada por fractura, essencialmente constituída por: 1) hematite e goethite, geralmente sob a forma de secções euédricas; 2) Cu nativo, invariavelmente preenchendo espaços vazios (em fracturas e na zona central ou paredes das secções euédricas). Como fases acessórias, disseminadas e com dimensão muito pequena, surgem: calcopirite, calcocite e, muito esporadicamente, pirite.</p> <p>As relações texturais indiciam um domínio de oxidação extrema, evidenciada por pseudomorfoses completas, com zonação evidente, de pirite por hematite-goethite; menos frequentes são as texturas de crescimento em espaço vazio, potencialmente resultantes da completa dissolução do grão pré-existente e posterior precipitação de hematite-goethite de hábito botrioidal.</p> <p>Os grãos euédricos apresentam frequentemente uma cavidade na zona central, a qual poderá resultar de arrancamento aquando do processo de polimento, ou da dissolução do grão pré-existente.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (A) e duplamente polarizada (B); aspecto textural geral da matriz carbonatada (ampliação 4x).</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 5x); pseudomorfoses de (hidr)óxidos de Fe.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

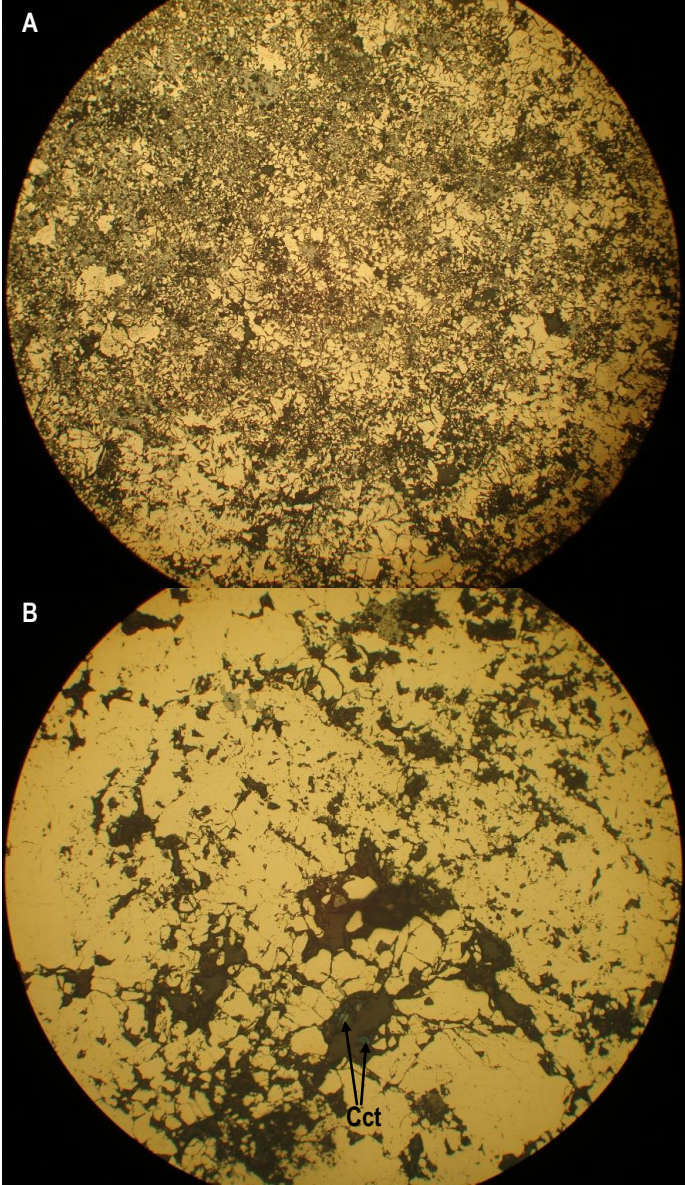
FICHA #3

<p>Referência: M-73B-3 (292,85m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Carbonatos</p> <p>Associação mineral acessória: Hematite, goethite, pirite e "calcocite"</p> <p>Classificação: Meta-calcário</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Rocha metacarbonatada, de granularidade muito fina, cortada por densa, embora heterogênea, rede de filonetes preenchidos por carbonatos grosseiros e fases opacas.</p> <p>Confirma-se o carácter cataclasado proposto aquando da observação à lupa-binocular.</p> <p>O preenchimento da fractura principal apresenta carácter brechificado visto que engloba fragmentos arrancados da matriz carbonatada, os quais apresentam também evidências de recristalização (cristais com cerca do dobro da dimensão dos da matriz). Fracturas seladas exclusivamente por fases opacas, sem evidências de reabertura, denunciam a existência de mais do que um episódio de fracturação, tratando-se de eventos relativamente tardios, subsequentes à deposição (aparentemente simultânea) dos agregados grosseiros de carbonatos e fases opacas.</p> <p>A tonalidade salmão/avermelhada observada nos filonetes carbonatados deve-se à disseminação de agregados criptocristalinos correspondentes a hidróxidos de ferro.</p> <p>Mineralização quer disseminada, quer controlada pela instalação da rede de fracturas, maioritariamente sob a forma de grãos idiomórficos, compreendendo: 1) hematite; 2) goethite; 3) pirite, regra geral, no seio das duas fases anteriores. Por vezes verifica-se a presença de um agregado criptocristalino (hidróxidos de Fe) no seio das secções idiomórficas de hematite-goethite.</p> <p>As relações texturais e a constituição mineralógica prevalecente, indicam a presença de uma zona de forte oxidação, denunciada por pseudomorfoses (por vezes totais), zonadas (com goethite nas zonas periféricas), de pirite por hematite-goethite; menos frequentes são as texturas de crescimento em espaço vazio, resultantes da dissolução completa do grão pré-existente e posterior precipitação de hematite-goethite de hábito botrioidal; não raras vezes ocorre um material criptocristalino, com abundantes reflexões internas vermelhas (hidróxidos de Fe), na zona central dos grãos idiomórficos.</p> <p>A cavidade na zona central apresentada por diversos grãos, poderá resultar de arrancamento aquando do processo de polimento, ou da dissolução do grão pré-existente.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (A) e duplamente polarizada (B); aspecto textural geral da matriz carbonatada (ampliação 4x).</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 10x); pseudomorfoses de (hidr)óxidos de Fe.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

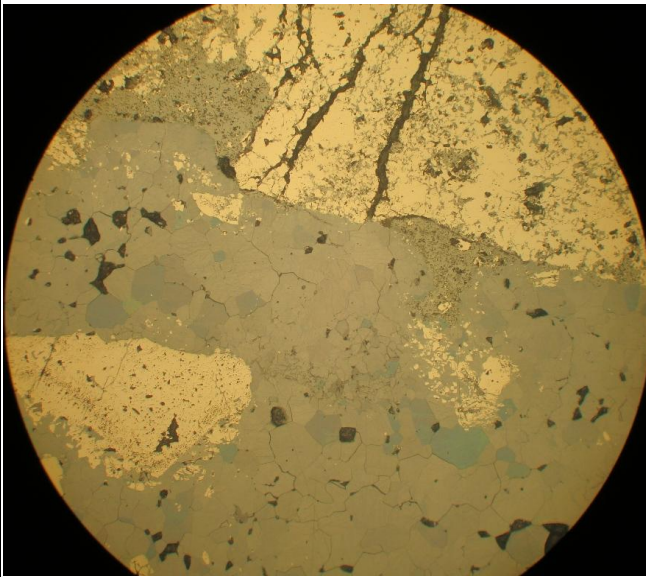
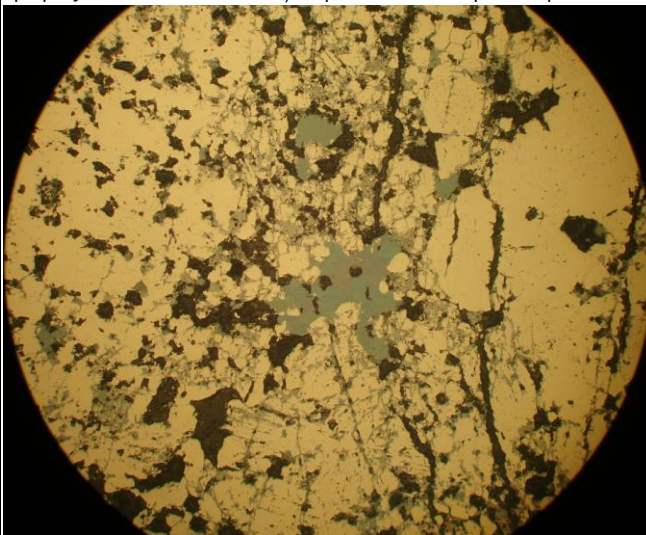
FICHA #4

<p>Referência: M-73B-4 (304,8m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Quartzo, calcocite, hematite e goethite</p> <p>Associação mineral acessória: Pirite</p> <p>Classificação: Meta-arenito quartzoso</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Rocha meta-arenítica quartzosa de granularidade fina, mas claramente heterométrica. Os grãos de quartzo são subangulosos a subrolados e os de maior dimensão apresentam baixa esfericidade; os contactos entre os grãos são do tipo suturado, constituindo forte evidência para a acção de processos de dissolução sob pressão que complementam a cedência intracristalina incipiente documentada pela extinção ondulante.</p> <p>Em luz transmitida, observam-se massas translúcidas de cor vermelho-alaranjado a vermelho-terroso correspondentes a (hidr)óxidos de Fe; em luz reflectida muitas destas massas manifestam abundantes reflexões internas vermelhas, verificando-se ainda que as mesmas resultam da alteração de fases opacas precoces.</p> <p>Observa-se uma rede de micro-filonetes, os quais se encontram preenchidos pela fase translúcida supra referida e por fases opacas, colocando-se a possibilidade da fracturação condicionar pelo menos parte da mineralização observada. Os grãos opacos englobam frequentemente grãos de quartzo, constituindo evidência de que a mineralização é epigenética.</p> <p>Nesta secção não se observa a geração tardia de carbonatos identificada à lupa binocular.</p> <p>A mineralização é do tipo semi-macizo, constituída por grãos comumente grosseiros de: 1) calcocite; 2) hematite e goethite (com variações de tonalidade), sob a forma de pseudomorfoses, desenvolvendo uma zonação concêntrica com uma fase criptocristalina de cor castanha com abundantes reflexões vermelhas (hidróxidos de Fe); e 3) pirite, sob a forma de pequenos grãos quer disseminados na matriz quer no interior de calcocite.</p> <p>A secção examinada representa, possivelmente, uma zona de oxidação tardia condicionada por descontinuidades mecânicas.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 4x); pormenor da matriz detrítica quartzosa.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 10x). Massa de calcocite (Cct) envolvendo pseudomorfoses completas de (hidr)óxidos de Fe (h-Fe), as evidenciam zonação concêntrica; note-se a presença de uma relíquia de pirite (Py) no seio da massa de calcocite.</p>
<p>Observações complementares: Lâmina seleccionada para microsonda no sentido de obter dados sobre a composição química das fases minerais principais e auxiliar na identificação das que se encontram interrogadas.</p>	

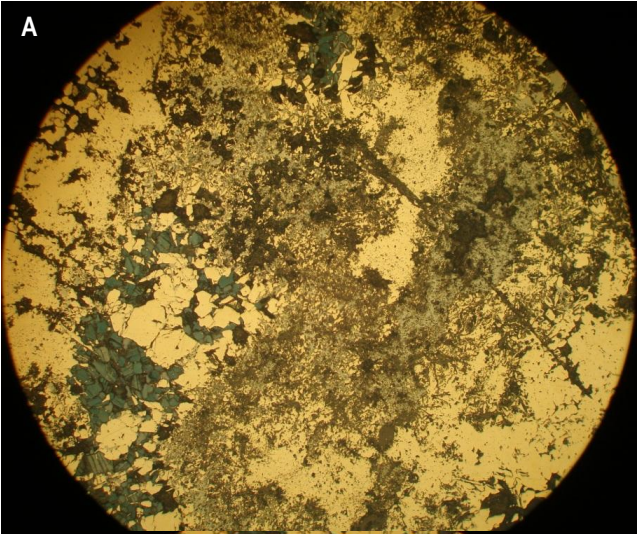
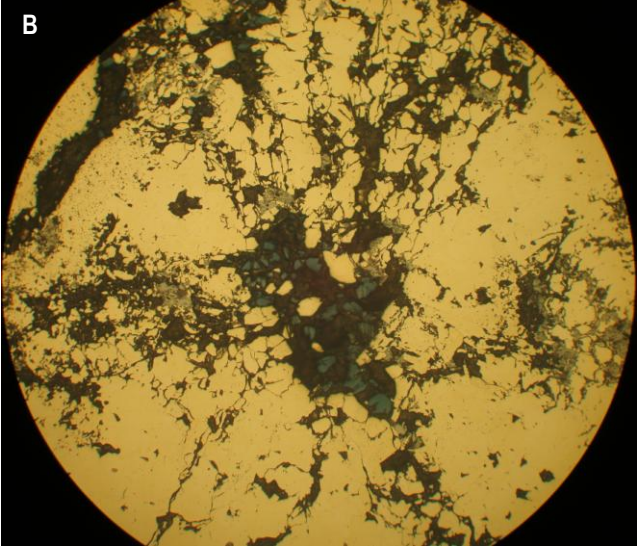
FICHA #5

<p>Referência: M-73B-6 (347.6m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Pirite e hidróxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: “Calcocite e calcopirite</p> <p>Classificação: Minério maciço</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério maciço, constituído essencialmente por pirite, intersectado por uma rede densa e heterogênea de (micro)fracturas. Estas descontinuidades encontram-se essencialmente preenchidas hidróxidos de ferro (massa castanha visível em amostra de mão, correspondente a agregados criptocristalinos com fortes reflexões internas de cor laranja-avermelhada) e, menos frequentemente, “calcocite”. As relações texturais indiciam que os hidróxidos de Fe resultam da substituição das fases secundárias de Cu.</p> <p>Verifica-se a presença de micro-grãos, muito raros, de calcopirite no seio da pirite.</p>	<p>Fig. 1: Luz reflectida simplesmente polarizada (A – ampliação 5x; B – ampliação 20x). Minério pirítico (fase amarela) substituído ao longo de um sistema heterogêneo de microfracturas por (hidr)óxidos de Fe (fases cinzenta e castanha) e rara “calcocite” (Cct).</p>
<p>Observações complementares:</p>	

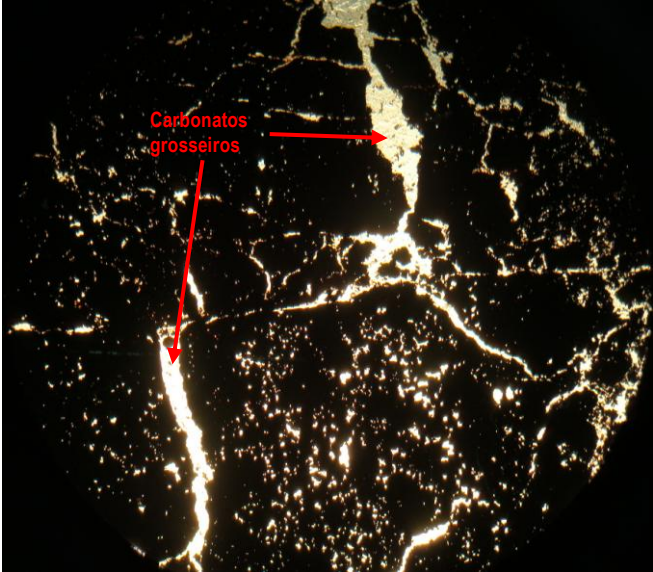
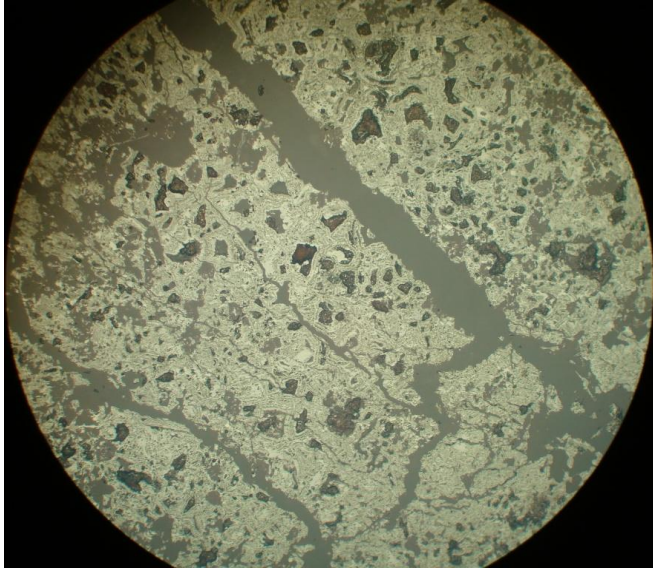
FICHA #6

<p>Referência: M-73B-7a (348,8m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Pirite, hidróxidos de Fe e calcocite-djurleite</p> <p>Associação mineral acessória: Spiokopite, anilite e digenite</p> <p>Classificação: Minério maciço</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério maciço cortado por sistema de fracturas mineralizadas e geometria diversa.</p> <p>A massa mineralizada é constituída essencialmente por pirite, fortemente fracturada. As microfracturas na pirite encontram-se maioritariamente preenchidas por uma fase de cor cinzenta, correspondente a hidróxidos de Fe, que se desenvolve de modo dendriforme, surgindo como acessórios spiokopite e digenite. A massa castanha visível em amostra de mão, que se encontra também a preencher as microfracturas da pirite, corresponde a agregados criptocristalinos de (hidr)óxidos de Fe, os quais apresentam reflexões internas laranja-avermelhadas.</p> <p>O veio mineralizado e outras fracturas de menor dimensão que intersectam a massa mineralizada compreendem: 1) calcocite-djurleite e pirite, claramente predominantes, sugerindo as relações texturais que a primeira se terá desenvolvido por substituição da segunda; 2) (hidr)óxidos de Fe, quer no preenchimento de fracturas em pirite, quer no preenchimento de outras fracturas e microfracturas; 3) spiokopite, anilite e digenite no seio da calcocite-djurleite, reflectindo variações nas proporções relativas de Cu e S.</p> <p>Presença muito esporádica de micro-grãos de calcopirite no seio da pirite.</p>	<p>Fig. 1: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x); Pormenor do veio mineralizado, que corta a massa mineralizada, predominantemente constituído por sulfuretos de Cu (notem-se as variações de tonalidade dos mesmos, reflexo de variações nas proporções relativas de Cu e S) e apresentando relíquias de pirite.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x); Detalhe de (hidr)óxidos de Fe (fases cinzenta e castanha) substituindo pirite e sulfuretos de Cu através de uma rede de microfracturas, as quais se desenvolvem frequentemente de modo dendrítico.</p>
<p>Observações complementares: Amostra seleccionada para microsonda no sentido de obter dados sobre a composição química das fases minerais principais e auxiliar na identificação das que se encontram interrogadas.</p>	

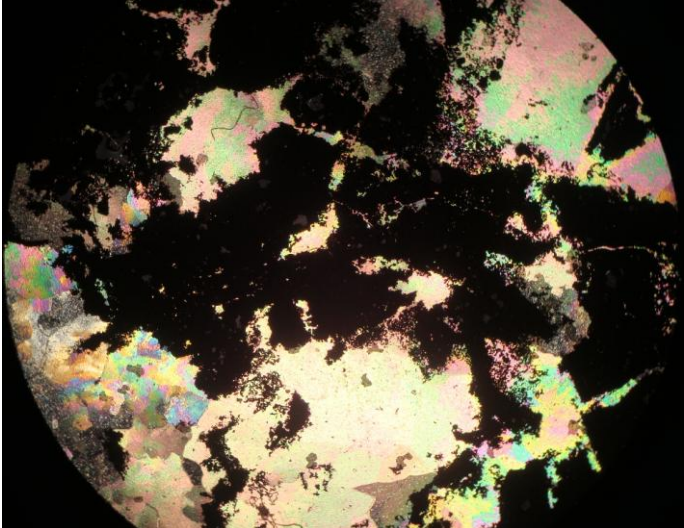
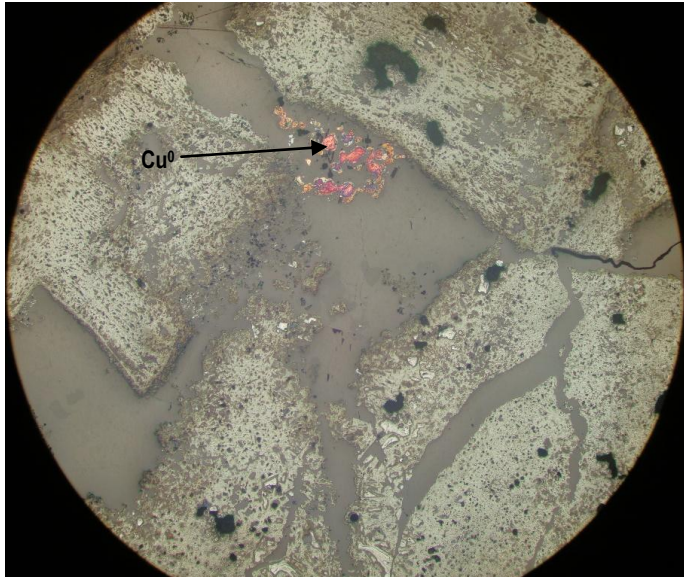
FICHA #7

<p>Referência: M-73B-7b (348,8m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Pirite e hidróxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: Spiokopite, anilite e digenite</p> <p>Classificação: Minério maciço</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;"> <p>A</p>  </div> <div> <p>B</p>  </div> </div> <p>Fig. 1 (A e B): Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x); detalhe de (hidr)óxidos de Fe (fases cinzenta e castanha) em substituição de pirite e sulfuretos de Cu (essencialmente spionkopite, mas também anilite e digenite) através de uma rede de microfracturas, as quais apresentam desenvolvimento dendrítico.</p>
<p>Descrição:</p> <p>Equivalente à massa mineralizada representada pela amostra anterior, com exceção da ausência de veios mineralizados.</p> <p>É de realçar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> Os minerais secundários de cobre se encontram invariavelmente associados às fracturas da pirite; Os hidróxidos de ferro rodeiam e substituem os sulfuretos de Cu, dando origem a texturas radiadas. Esta observação permite colocar a hipótese de os domínios constituídos apenas por hidróxidos de ferro resultarem da alteração completa dos sulfuretos de Cu. 	
<p>Observações complementares:</p>	

FICHA #8

<p>Referência: M-77A-1T (278,7m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite)</p> <p>Associação mineral acessória: Carbonatos e Cu nativo</p> <p>Classificação: Minério brechificado</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério brechificado, heterométrico, evidenciando um evento de cataclase responsável pelo esmagamento/fragmentação dos grãos. Os espaços intergranulares encontram-se colmatados por agregados grosseiros de carbonato. A existência de contornos pouco definidos dos grãos opacos assim como a impregnação dos carbonatos por hidróxidos de Fe sugere, ainda que com um certo grau de incerteza associado, corrosão química (potencialmente induzida pela circulação de fluidos aquo-carbônicos algo ácidos).</p> <p>A mineralização consiste essencialmente em óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite), observando-se muito ocasionalmente Cu nativo. Os grãos opacos, de dimensão muito pequena e maioritariamente euédricos, correspondem no essencial a pseudomorfoses totais (substituição da fase mineral primária, com crescimento poligonal, cíclico); menos frequentemente apresentam crescimentos botrioidais, evidenciando crescimento em espaço vazio e denunciando dissolução total da fase mineral primária. Não raras vezes, verifica-se a presença de agregados criptocristalinos de cor castanha, com fortes reflexões internas vermelhas/alaranjadas [(hidr)óxidos de ferro], nas zonas centrais das pseudomorfoses.</p> <p>A alteração pervasiva para óxidos e hidróxidos de Fe (ausência total da fase mineral primária), denuncia ambiente fortemente oxidante.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (ampliação 4x); minério brechificado, com espaços intragranulares colmatados por carbonatos grosseiros.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x); pseudomorfoses completas de óxidos e hidróxidos de Fe, verificando-se por vezes agregados criptocristalinos de cor castanha (h-Fe) nas zonas centrais.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

FICHA #9

<p>Referência: M-77A-1B (278,7m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite), carbonatos</p> <p>Associação mineral acessória: Cu nativo</p> <p>Classificação: Minério brechificado</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Idêntica à anterior, exceptuando as seguintes diferenças:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maior quantidade de carbonatos, sendo mais evidente a reacção entre os mesmos e os grãos opacos; • Maior quantidade de Cu nativo. 	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 4x); minério brechificado, com espaços intragranulares colmatados por carbonatos grosseiros.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 5x); note-se a presença de Cu nativo, parcialmente oxidado, no seio de fractura colmatada por carbonatos.</p>
<p>Observações complementares: Amostra seleccionada para microsonda electrónica com o intuito de analisar o Cu nativo, tentando verificar a existência ou não de outros elementos na liga metálica, e o quimismo dos carbonatos.</p>	

FICHA #10

Referência: M-77A-3 (290,45m)

Coordenadas: Não disponíveis

Local: Mavoio

Associação mineral principal: Carbonatos e hidróxidos de Fe

Associação mineral acessória: Hematite-goethite, calcocite, Cu nativo, sericite, pirite, calcopirite

Classificação: Veio carbonatado

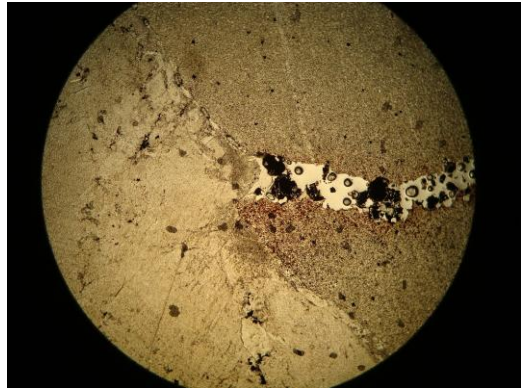


Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (ampliação 4x); contacto entre clasto do protólito e os carbonatos grosseiros tardios, lípidos. Note-se a presença de fases opacas em fractura do protólito.

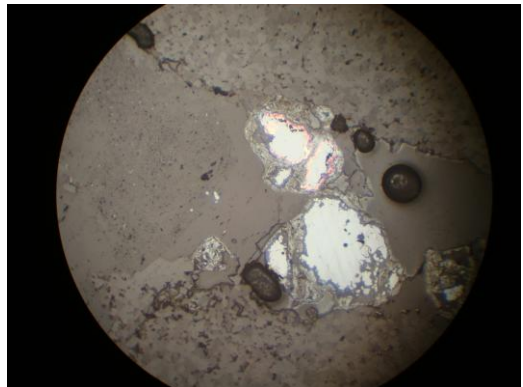


Fig. 2: Luz transmitida simplesmente polarizada; pormenor das fases opacas (calcocite, hidróxidos de Fe e Cu nativo) em fractura do protólito (Fig. 1).



Fig. 3: Luz transmitida simplesmente polarizada (ampliação 4x); carbonatos grosseiros evidenciando crescimento "em pente" e zonação poligonal entre domínios com e sem disseminação de fases opacas.

Descrição:

Veio constituído por carbonatos tardios de grão grosseiro, apresentando duas fracções claramente distintas: 1) uma predominante, de carbonatos incolores e aspecto límpido, dolomíticos, com evidências de deformação [nomeadamente traços de clivagem curvos, subgranulação e extinção ondulante]; e 2) outra menor, na qual os carbonatos apresentam tonalidade distinta [amarelada (amarelo-esverdeado em amostra de mão), correspondendo a calcite (traduzindo perda de Mg), e maior quantidade de grãos opacos disseminados [cuja alteração tardia origina forte impregnação de hidróxidos de ferro, conferindo a coloração avermelhada observada]. Neste domínio observam-se bolsadas de agregados minerais aciculares muito finos (sericite) invariavelmente associados às fases opacas no preenchimento de espaços vazios (criados por processos de dissolução?). A inferência de processos de dissolução-reprecipitação é compatível com a ocorrência de grãos opacos nos planos de clivagem dos carbonatos.

Verifica-se a presença de um clasto carbonatado de dimensão centimétrica, de grão muito fino, correspondente ao protólito (meta-calcário), o qual é cortado por uma pequena fractura preenchida por carbonatos grosseiros e fases opacas.

Localmente os cristais do veio carbonatado evidenciam crescimento “em pente” e zonação poligonal evidente entre domínios com e sem disseminação de fases opacas, sugerindo crescimento rítmico em espaço vazio. É também digna de nota a presença de fendas “*en échelon*” nos carbonatos grosseiros, parcialmente colmatadas por fases opacas.

O tipo de mineralização é bastante diverso, surgindo: 1) disseminada, quer no seio do clasto carbonatado, quer no seio do veio carbonatado; 2) no preenchimento de cavidades; 3) em filonetes/fracturas; 4) a sublinhar os interstícios intergranulares do veio carbonatado. É constituída por:

- Hematite-goethite, em pseudomorfoses depois de calcocite (rara) e pirite, a generalidade das quais completas, texturalmente análogas ao descrito em amostras anteriores;
- Cu nativo, no qual se observam, tal como na amostra M-77A-1B, variações de tonalidade, traduzindo a progressão de processos de oxidação do mesmo. Ocorre no seio de vazios das pseudomorfoses e ao longo de fracturas, desenvolvendo localmente formas arborescentes. Manifesta, por vezes, relíquias de óxidos no seu interior, indicando que pelo menos em parte a sua deposição é posterior à oxidação total da pirite;
- Pirite, muito rara, disseminada e geralmente sob formas euédricas;
- Calcopirite disseminada

Observações complementares:



Fig. 4: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 10x). Bolsadas de sericite associadas a opacos, preenchendo espaços vazios nos carbonatos grosseiros de tonalidade amarelada. Note-se a maior disseminação de opacos por comparação com os carbonatos grosseiros da Fig. 1.

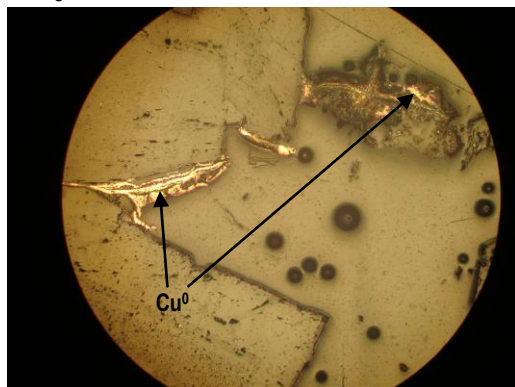


Fig. 5: Luz reflectida simplesmente polarizada. Pormenor de Cu nativo no preenchimento de fractura e outros espaços vazios.

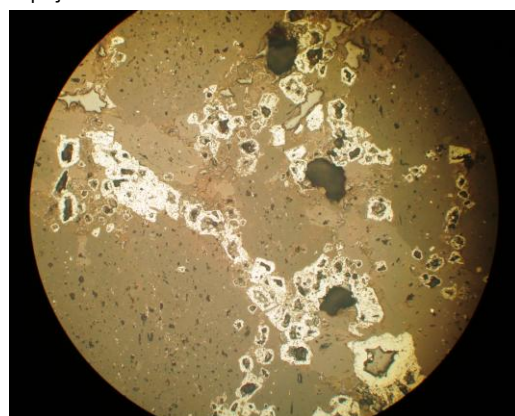
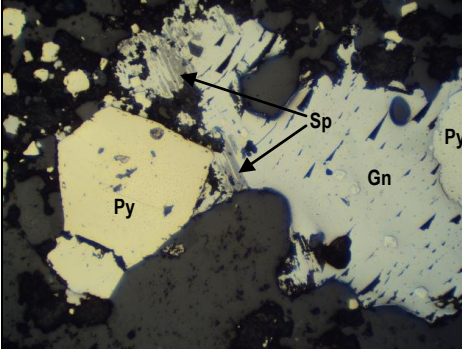


Fig. 6: Luz reflectida simplesmente polarizada ampliação 20x). Pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe.

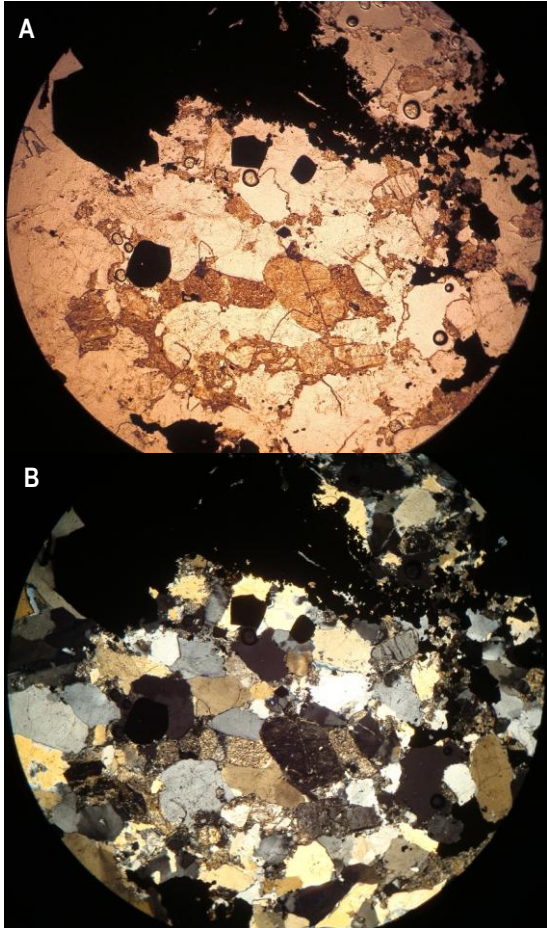
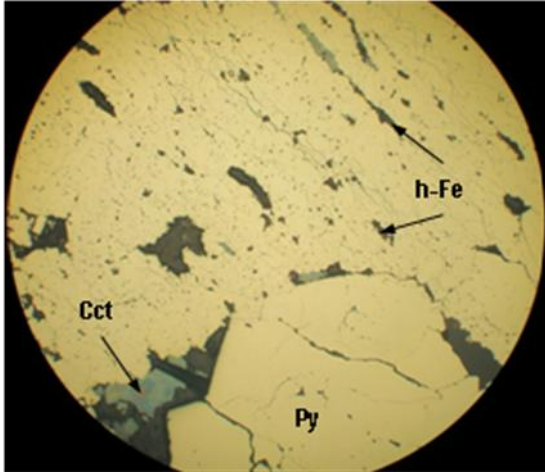
FICHA #11

<p>Referência: M-77A-4 (292,45m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Carbonatos e hidróxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: Hematite-goethite, Cu nativo, sericite, pirite e calcopirite</p> <p>Classificação: Veio carbonatado</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Veio carbonatado de grão grosseiro. Verifica-se a presença de um clasto carbonatado de grão muito fino, correspondente ao protólito (meta-calcário).</p> <p>O clasto encontra-se intensamente cortado por sistema denso de (micro) fracturas, as quais se encontram seladas por carbonatos grosseiros e minerais opacos. Em torno deste clasto desenvolve-se domínio de tonalidade avermelhada, com alguns vazios, consituída pela seguinte associação mineral: 1) carbonatos grosseiros, os quais evidenciam crescimento rítmico em espaço vazio (crescimento em pente e zanação forte – bandas com opacos vs bandas sem opacos), sugerindo processos de dissolução-re cristalização; 2) sericite; 3) minerais opacos cuja alteração/oxidação tardia conduz à formação dos hidróxidos de Fe que conferem a tonalidade avermelhada observada.</p> <p>O veio carbonatado é também cortado por várias fracturas/microfracturas. As microfracturas apresentam-se seladas apenas por minerais opacos. Os preenchimentos das descontinuidades de maior dimensão apresentam crescimento polifásico, caracterizando-se pela presença de fases opacas nos bordos e carbonatos grosseiros no centro. Este facto permite-nos avançar a hipótese da mineralização se associar ao primeiro evento de selagem das fracturas. Encontram-se também evidências de reacção entre o fluido e os carbonatos do veio: 1) contornos pouco claros nas zonas de contacto; 2) disseminação de minerais opacos nos carbonatos grosseiros adjacentes às fracturas, perdendo-se por vezes o preenchimento em opacos nos bordos das mesmas, o que sugere difusão extrema para os carbonatos do veio. A tonalidade avermelha verificada ao longo dos bordos das fracturas resulta da oxidação desses mesmos opacos.</p> <p>Para além da zona em torno do clasto carbonatado, observam-se minerais silicatados (sericite): 1) nos contactos entre as fracturas e o veio carbonatado; e 2) em bolsadas no seio dos carbonatos grosseiros do veio, invariavelmente associados com opacos;</p> <p>A mineralização é equivalente à registada anteriormente, contendo no entanto muito menos Cu nativo e microgrãos de sulfuretos.</p>	 <p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente (A) e duplamente (B) polarizada (ampliação 4x). Clasto carbonatado de grão fino, representante do protólito, e carbonatos grosseiros.</p> <p>Fig. 2: Luz transmitida simplesmente (A) e duplamente (B) polarizada (ampliação 4x). Veio carbonatado cortado por fracturas seladas por carbonatos grosseiros, com disseminação de opacos (ver setas) nos carbonatos adjacentes às fracturas</p>
<p>Observações complementares:</p>	

FICHA #12

<p>Referência: M-102-1A (161,3m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Quartzo, feldspatos, pirite e galena</p> <p>Associação mineral acessória: Moscovite, biotite, minerais de argila, mineral castanho, isótropo (?), anfíbola, calcocite, esfalerite, tenantite e sulfossais de Pb-As, Cu-Pb-As e Cu-Bi-(As)</p> <p>Classificação: Meta-arenito subarcósico</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Meta-arenito subarcósico de granularidade média, moderadamente calibrado. Os grãos detríticos são constituídos por quartzo (predominante), feldspatos (microclina e plagioclase), os quais se encontram frequentemente alterados, e quantidades menores de moscovite e biotite. Os grãos de quartzo são subangulosos, com contactos longos a suturados, sugerindo a progressão de mecanismos de dissolução sob pressão. A matriz é constituída por quartzo policristalino e agregados muito finos de minerais incolores, aciculares (minerais de argila). Esporadicamente observa-se um mineral pleocróico entre incolor e castanho e extinção oblíqua (anfíbola), para além de um outro mineral de relevo alto, castanho, não pleocróico, isótropo, o qual surge associado a grãos opacos.</p> <p>Verifica-se a existência de um microcorredor de cisalhamento ao qual se associa forte esmagamento dos grãos e relativa abundância de minerais opacos.</p> <p>A lâmina apresenta uma quantidade apreciável de espaços vazios; seguindo-os, e aos grãos opacos que a eles se associam, é perceptível a existência de microfracturas (quer vazias, quer preenchidas por opacos e quartzo policristalino) que cortam a rocha, por vezes na totalidade da sua extensão (este carácter é visível por observação da lâmina à vista desarmada). Há evidências para mais do que um evento de fracturação, porquanto é possível identificar diversas relações de corte entre fracturas.</p> <p>É digno de realce o elevado número de vazios aparentemente não associados directamente à fracturação, cujos grãos em seu torno apresentam contornos pouco definidos e, quando se tratam de feldspatos, apresentam alteração evidente.</p> <p>Mineralização quer disseminada, quer controlada por fractura, compreendendo: 1) pirite (predominante; 2) esfalerite, primária, ocasionalmente associada a e com inclusões de pirite e, por vezes, com <i>coating</i> de galena ao longo do seu bordo; 3) galena sob a forma de grãos irregulares selando fracturas discretas (por vezes muito mal polida), associados a e com inclusões de pirite, esfalerite e tenantite e outros sulfossais de Pb-As, Cu-Pb-As e Cu-Bi-(As) (entre os quais wittichenite); 4) calcocite; 5) tenantite</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada; aspecto geral da matriz detrítica subarcósica (ampliação 4x).</p>  <p>Fig.2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Grão irregular de galena (Gn) selando fractura discreta em conjunto com pirite (Py); note-se a presença de numerosas inclusões de pirite e esfalerite (Sp) no seio da galena.</p>  <p>Fig. 3: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Agregado poliminerálico, em fractura discreta, constituído por pirite (Py), galena (Gn) e tenantite (Tnt).</p>
<p>Observações complementares: Amostra seleccionada para microsonda no sentido de obter dados sobre a composição química das fases minerais principais e auxiliar na identificação das que se encontram interrogadas.</p>	

FICHA #13

<p>Referência: M-102-1B (161,3m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Pirite, quartzo e feldspatos</p> <p>Associação mineral acessória: Hidróxidos de Fe, esfalerite, “calcocite” e galena</p> <p>Classificação: Meta-arenito subarcósico</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Composicionalmente equivalente à lâmina anterior, verificando-se as seguintes diferenças dignas de registo: 1) presença de grãos de quartzo de dimensão superior junto aos grãos opacos; 2) mineralização semi-maciça.</p> <p>A mineralização compreende: 1) pirite (predominante) que se encontra fortemente fracturada; as fracturas e microfracturas estão preenchidas por “calcocite” e agregados criptocristalinos de tonalidade castanha com numerosas reflexões internas vermelhas-alaranjadas, correspondendo a hidróxidos de Fe; 2) esfalerite e galena, primárias.</p>	<p>Fig.1: Luz transmitida simplesmente (A) e duplamente (B) polarizada (ampliação 4x). Matriz detrítica subarcósica.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Substituição de pirite por “calcocite” e, posteriormente, (hidr)óxidos de Fe ao longo de uma rede de fracturas e microfracturas.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

FICHA #14

Referência: M102-2 (164,0m)

Coordenadas:

Local: Mavoio

Associação mineral principal: Quartzo, feldspatos, óxidos e hidróxidos de Fe

Associação mineral acessória: Minerais de argila, sericite, zircão, anfíbola, esfalerite, pirite e “calcocite”

Classificação: Meta-arenito subarcósico

Descrição:

Rocha meta-arenítica subarcósica mal calibrada e granularidade grosseira.

Os grão detríticos são constituídos por quartzo (predominante), no qual se verifica por vezes subgranulação, e feldspatos (pelo menos microclina e plagioclase), apresentando-se estes últimos frequentemente alterados e com evidências de dissolução. Como acessórios surgem: anfíbola, rútilo e zircão. A matriz é constituída por grãos menores de quartzo e feldspato, agregados muito finos de minerais incolores, aciculares, com tintas quer de 2ª ordem, quer de primeira (sericite e minerais de argila) e hidróxidos de ferro.

Os grãos de quartzo são subangulosos, com contactos frequentemente suturados, denunciando processos de dissolução por pressão, presumivelmente decorrentes do processo de compactação ocorrido durante a diagénese.

Destaca-se ainda: (1) a quantidade não negligenciável de vazios, nos quais se verifica alteração/corrosão dos grãos em seu torno, independentemente da sua natureza (a presença de vazios parece resultar da progressão de mecanismos de fracturação, sendo este aspecto mais óbvio na observação macroscópica do testemunho/talisca); (2) a presença de grãos detríticos no seio dos grãos opacos.

A mineralização apresenta-se quer disseminada, quer controlada por fractura. Quando disseminada, inclui microgrãos sulfuretados dispersos na matriz, nomeadamente: 1) de pirite, frequentemente alterada ou substituída por hidróxidos de Fe e/ou minerais secundários de Cu; e 2) de uma fase cinzenta, de reflectância baixa, com fortes reflexões internas (esfalerite). Quando controlada por fractura, apresenta-se sob a forma de pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe depois de pirite, quer completas, quer com agregados criptocristalinos de cor acastanhada (hidróxidos de Fe) no centro.

Observações complementares:

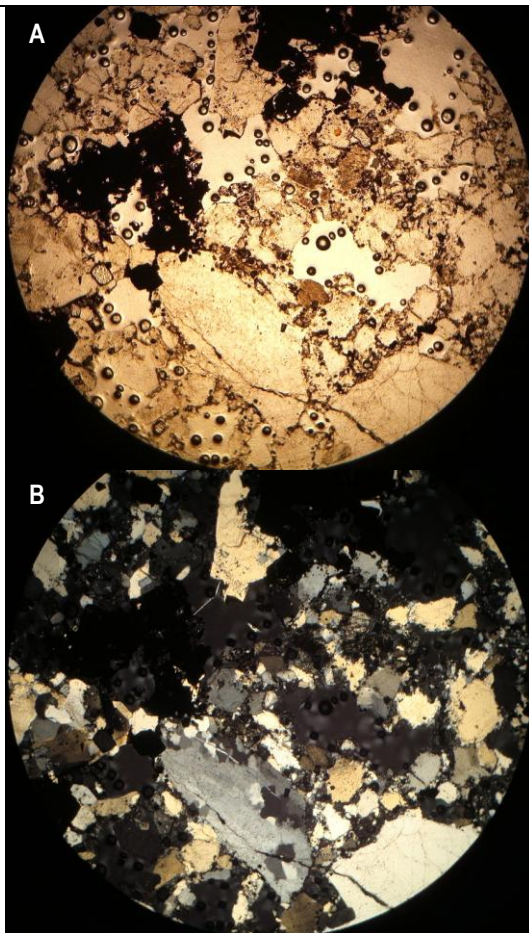
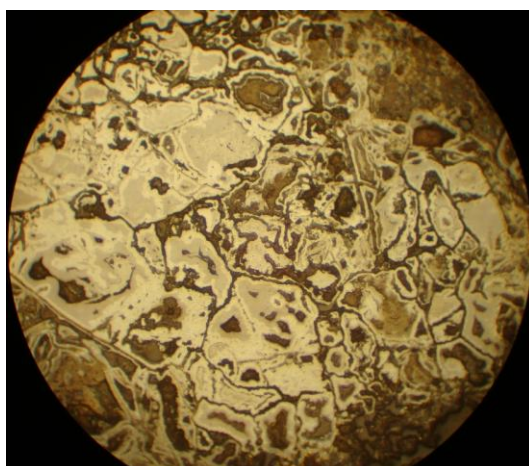


Fig. 1: Luz transmitida simplesmente (A) e duplamente (B) polarizada (ampliação 4x). Pormenor da matriz detrítica subarcósica, evidenciando estreita associação entre



vazios e grãos opacos.

Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe.

FICHA #15

Referência: M-102-4 (218,15m)

Coordenadas:

Local: Mavoio

Associação mineral principal: Quartzo, feldspatos, moscovite e pirite

Associação mineral acessória: Minerais de argila, sericite, zircão, rútilo(?)/esfalerite(?), biotite e hidróxidos de Fe

Classificação: Meta-arenito arcósico

Descrição:

Rocha meta-arenítica arcósica, de granulometria muito fina, moderadamente a bem calibrada.

Os grãos detriticos compreendem essencialmente quartzo e feldspatos, com quantidades menores de moscovite, sendo a matriz constituída por quartzo microcristalino e minerais de argila. Regista-se ainda a ocorrência rara de um mineral pleocróico, entre incolor e verde, com extinção recta (biotite), rútilo e zircão.

Os grãos de quartzo são subangulosos a subrolados, por vezes de baixa esfericidade, apresentando contactos muitas vezes suturados, indiciando a acção de mecanismos de dissolução por pressão durante a compactação/diagénese.

A presença de uma orientação dos grãos de moscovite e das linhas de sutura dos grãos de quartzo segundo uma direcção preferencial denuncia a presença de um bandado, ainda que incipiente. Este carácter, associado ao dobramento das moscovites em torno dos grãos detriticos, constituem também evidência para a progressão de processos de compactação durante estádios muito avançados (finais?) da diagénese.

Verifica-se a existência de um sistema de fracturas selado por fases opacas e/ou agregados minerais de dimensão micrométrica, com hábito acicular e tintas baixas a intermédias (minerais de argila + sericite). Uma das fracturas apresenta evidências de preenchimento polifásico, caracterizando-se pela presença de fases opacas nos bordos, aos quais se sucedem os agregados supra-referidos e espaço vazio ao centro.

Mineralização controlada por fractura e disseminada, compreendendo: 1) pirite; 2) hidróxidos de Fe resultantes da alteração, por intermédio de fracturação, da pirite associada ao sistema de fracturas; 3) uma fase micrométrica cinzenta-escura, de baixa reflectância e abundantes reflexões internas (rútilo?/esfalerite?).

É digno de realce o carácter substancialmente menos alterado da pirite disseminada por comparação com a que se encontra a selar as fracturas. A tonalidade avermelhada observada macroscopicamente ao longo do bordo das fracturas mineralizadas, deve-se à difusão de hidróxidos de Fe para a matriz.

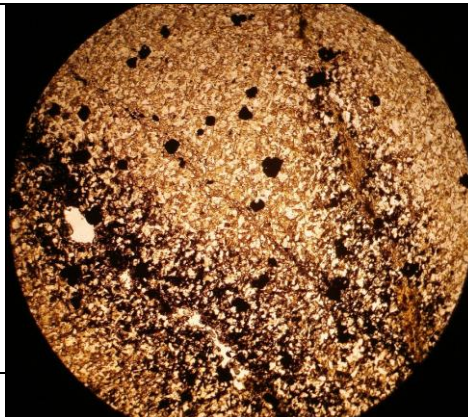


Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (ampliação 4x). Sistema de fracturas na matriz detritica arcósica ao qual se associa a deposição de fases opacas.

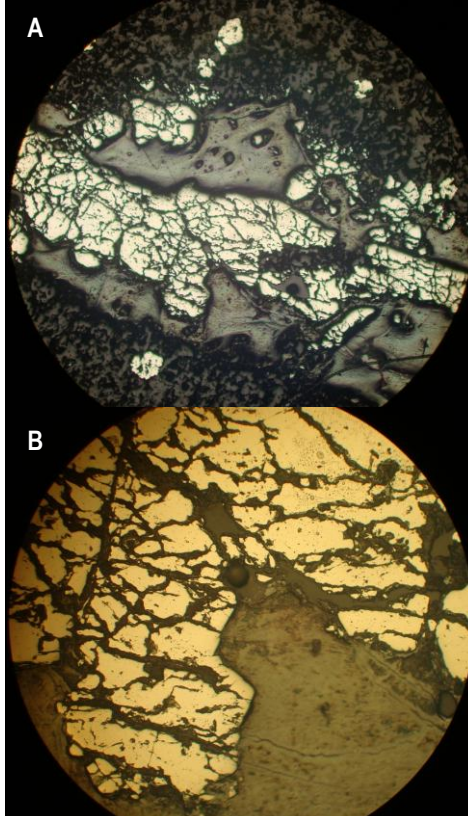


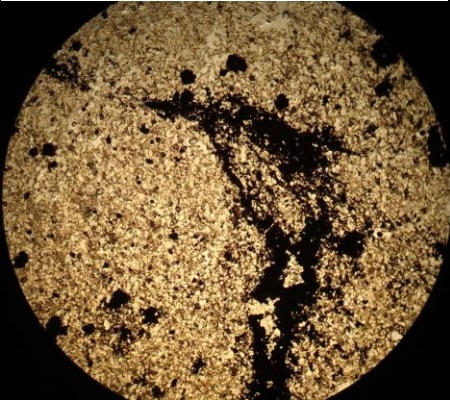
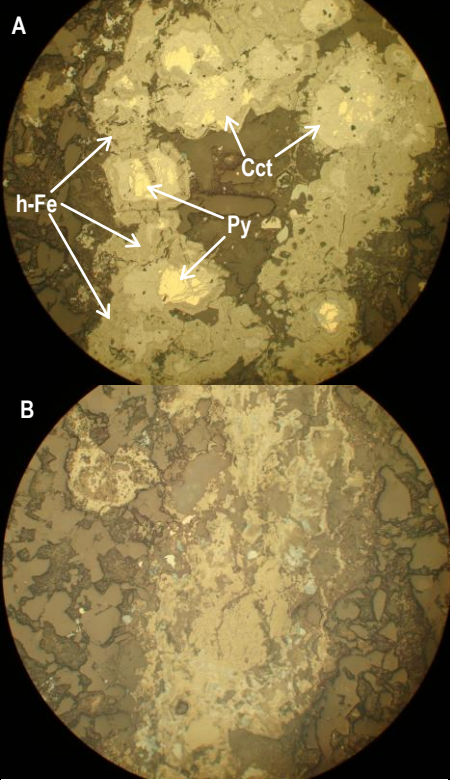
Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (A -ampliação 5x; B – ampliação de 20x). agregados irregulares de pirite, fortemente fracturados, a selar fractura na matriz detritica arcósica.

Observações complementares: As intercalações subparalelas identificadas como carbonatos aquando da descrição macroscópica correspondem, a agregados compactos de minerais de argila e sericite impregnados com hidróxidos de Fe.

FICHA #16

<p>Referência: M-102-5 (228,7m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Pirite, “calcocite”, hidróxidos de Fe, quartzo, feldspatos e minerais de argila</p> <p>Associação mineral acessória: Esfalerite, calcopirite, moscovite, zircão e anfíbola</p> <p>Classificação: Minério semi-maciço brechificado</p>	
<p>Descrição:</p> <p>A rocha encaixante da mineralização é equivalente à amostra anterior (meta-arenito arcósico), apresentando, contudo, um estado de alteração mais avançado, manifestado por maior quantidade de minerais de argila e hidróxidos de Fe na matriz.</p> <p>O desenvolvimento da mineralização aparenta ter sido controlado pela circulação de fluidos mineralizantes ao longo de uma extensa e heterogênea rede de micro-fracturas. Esta, não evidente à primeira vista, encontra-se localmente marcada pela presença de fases opacas e vazios que formam lineações subtis.</p> <p>No seio das massas mineralizadas encontram-se abundantes grãos detríticos fortemente alterados e com evidências de corrosão. Tal sugere, ainda que com um certo grau de incerteza associado, que o(s) fluido(s) mineralizante(s) não se encontraria(m) em equilíbrio com o encaixante, tendo promovido a sua alteração e/ou dissolução, incrementando a permeabilidade secundária e, assim, potenciando a circulação e alteração hidrotermal subsequente.</p> <p>Há evidências para pelo menos mais um evento de fracturação, porquanto é possível observar fracturas, não seladas, que cortam as massas mineralizadas, e abundantes vazios, no bordo dos quais se observa o carácter desgastado dos grãos opacos.</p> <p>A mineralização, semi-maciça, é constituída por: (1) pirite, claramente heterogranular, fracturada; (2) “calcocite”, como produto de substituição (ou de reacção) da pirite ao longo de micro-fracturas e outros vazios [localmente, observam-se relíquias de pirite preservadas no seio de massas maiores de calcocite]; 3) esfalerite, maioritariamente no seio de pirite mas também intercrescida com esta última; 4) calcopirite, muito rara, inclusa em pirite; 5) hidróxidos de Fe: a) quer sob a forma de uma fase cinzenta-clara, com desenvolvimento dendriforme, reflexões internas vermelhas, a substituir calcocite ao longo de micro-fracturas, b) quer sob a forma de agregados criptocristalinos de cor castanha e fortes reflexões internas alaranjadas, tanto no preenchimento de fracturas em pirite como dispersos na matriz arenítica.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (ampliação 4x). Matriz detrítica arcósica cortada por uma extensa rede de fracturas à qual se associa a mineralização.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (A – ampliação 5x; B – ampliação 20x). Mineralização, claramente heterogranular, constituída por pirite (fase amarela), “calcocite” (fase azulada) e (hidr)óxidos de Fe (fase cinzenta, substituindo as anteriores através de microfracturas – B)</p>
<p>Observações complementares: A tonalidade rosada dos “clastos” observados macroscopicamente e erroneamente classificados como carbonatos decorre da impregnação da matriz detrítica por hidróxidos de Fe.</p>	

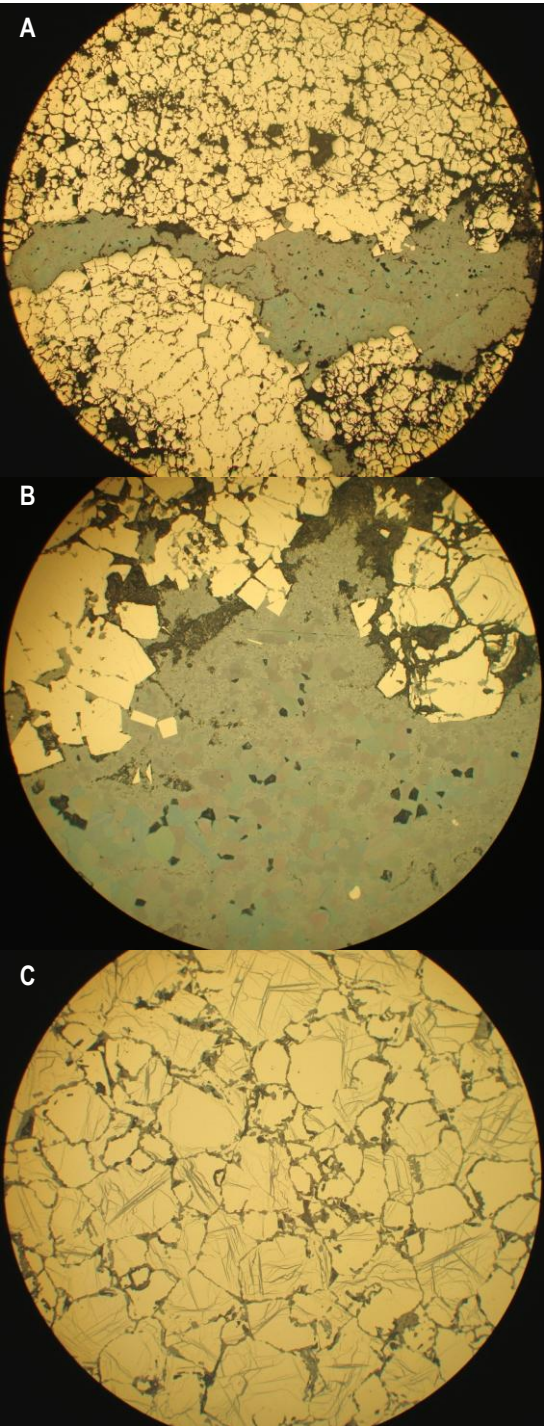
FICHA #17

<p>Referência: M-102-6 (232,1 m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Quartzo, feldspatos, óxidos e hidróxidos de Fe e pirite</p> <p>Associação mineral acessória: Moscovite, minerais de argila, zircão, rútilo, anfíbola, “calcocite” e esfalerite(?)</p> <p>Classificação: Meta-arenito subarcósico</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Rocha meta-arenítica subarcósica de granularidade muito fina e calibragem moderada.</p> <p>Os grãos detríticos, essencialmente subangulosos, apresentando frequentemente contactos suturados indicadores de mecanismos de dissolução por pressão, compreendem quartzo (predominante) e feldspatos, surgindo como acessórios moscovite, zircão e anfíbola. A matriz é constituída por quartzo e agregados de minerais incolores, aciculares (minerais de argila), ambos microcristalinos.</p> <p>A amostra é cortada por uma rede profusa e heterogênea de microfracturas, as quais se desenvolvem por vezes de forma anastomosada, encontrando-se frequentemente seladas por fases opacas e, mais raramente, por quartzo de granularidade grosseira [se bem que existam casos de descontinuidades sem qualquer preenchimento mineral]. Na sua proximidade é patente o carácter caótico, não organizado/orientado, dos grãos detríticos, em particular da moscovite.</p> <p>A tonalidade avermelha quasi-pervasiva observada macroscopicamente ao nível do testemunho deve-se à impregnação da matriz rochosa por hidróxidos de Fe resultantes da oxidação das fases opacas, quer disseminadas, quer associadas às microfracturas, presumivelmente promovida pela circulação de fluidos ao longo do sistema de descontinuidades supra-referido.</p> <p>Mineralização quer disseminada, quer associada a fractura, consistindo em: (1) pirite, frequentemente substituída por óxidos e hidróxidos de Fe, por vezes sob a forma de pseudomorfoses completas; (2) “calcocite”, mais escassa e também posteriormente substituída por fases (hidr)óxidas; e (3) esfalerite(?), sob a forma de micro-grãos disseminados.</p> <p>Destaca-se ainda: (1) o aspecto corroído de numerosos grãos opacos, alguns dos quais preservando apenas os seus contornos externos, sempre em íntima associação com vazios; e (2) o carácter muito menos alterado (por vezes mesmo incólume) da pirite nas zonas mais claras do protólito, não impregnadas por hidróxidos de ferro (traduzindo claramente a progressão heterogênea dos mecanismos de oxidação tardia).</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (ampliação 4x). Fractura selada por grãos opacos na matriz detrítica subarcósica (domínio de menor oxidação).</p> 
<p>Observações complementares: Relativamente à descrição macroscópica do testemunho confirma-se a “hematitização” da rocha, correspondendo os “clastos” mais claros a protólito não alterado.</p>	<p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Mineralização em domínio de oxidação menos intensa (A), constituída por relíquias de pirite (Py), “calcocite” (Cct) e óxidos e hidróxidos de Fe (h-Fe), por substituição das anteriores, e em domínio de oxidação intensa (B), com ausência total de pirite.</p>

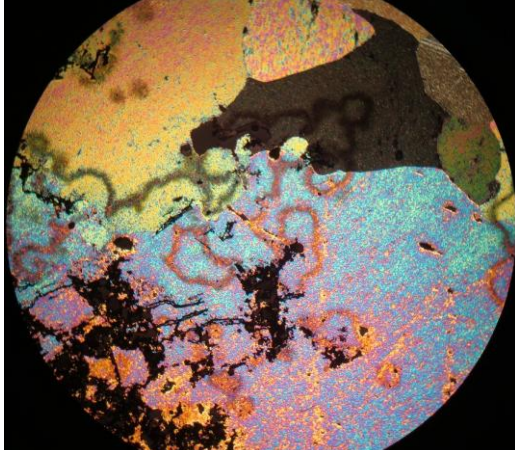

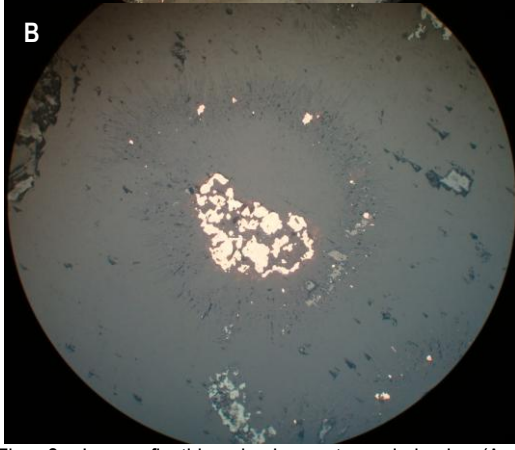
FICHA #18

<p>Referência: M-102-7 (234,95 m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Quartzo, feldspatos, óxidos e hidróxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: Moscovite, minerais de argila, zircão, rútilo, anfíbola, pirite e esfalerite</p> <p>Classificação: Meta-siltito</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Rocha meta-siltítica mineralogicamente idêntica às anteriores, de granulometria bimodal, a qual confere um bandado à rocha. Este parece resultar da diminuição do tamanho do grão do protólito por deformação ao longo de micro-corredores de cisalhamento.</p> <p>Esta rocha é atravessada por uma rede densa de microfracturas com geometria diversa, as quais estão seladas por: 1) fases minerais opacas; e 2) agregados de minerais micrométricos, incolores e tintas baixas (quartzo microcristalino ± minerais de argila). A presença de fracturas preenchidas exclusivamente por uma das fases acima indicadas e outras contendo agregados micrométricos nos bordos e opacos no centro, é tomado como evidência não só do carácter polifásico da fracturação como da precedência dos agregados micrométricos silicatados relativamente às fases opacas. Relações de corte indicam a existência de pelo menos 2 eventos de fracturação, o último dos quais terá sido responsável pela corrosão verificada por alguns grãos.</p> <p>Mineralização essencialmente controlada por fractura, mas também disseminada, em tudo idêntica à verificada na amostra anterior, não obstante a maior intensidade dos efeitos decorrentes da progressão das reacções de oxidação-redução, os quais se traduzem pela ausência de: (1) relíquias de pirite nas pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe; (2) calcocite; e (3) maior impregnação da matriz detrítica por hidróxidos de Fe, os quais conferem à rocha a tonalidade vermelho-acastanhada observada.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente (A) e duplamente (B) polarizada (ampliação 4x). Impregnação por hidróxidos de Fe (A) e carácter bandado e granulometria bimodal da matriz detrítica (B).</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

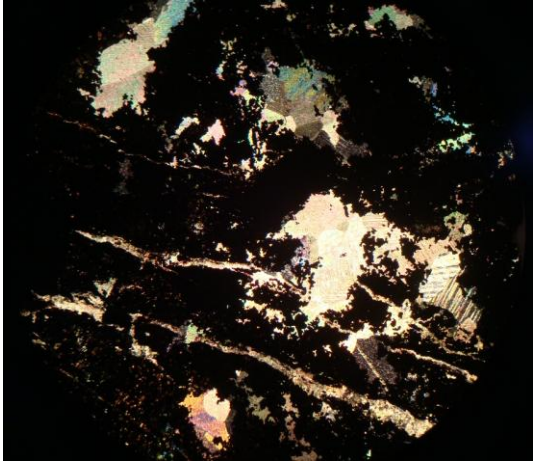
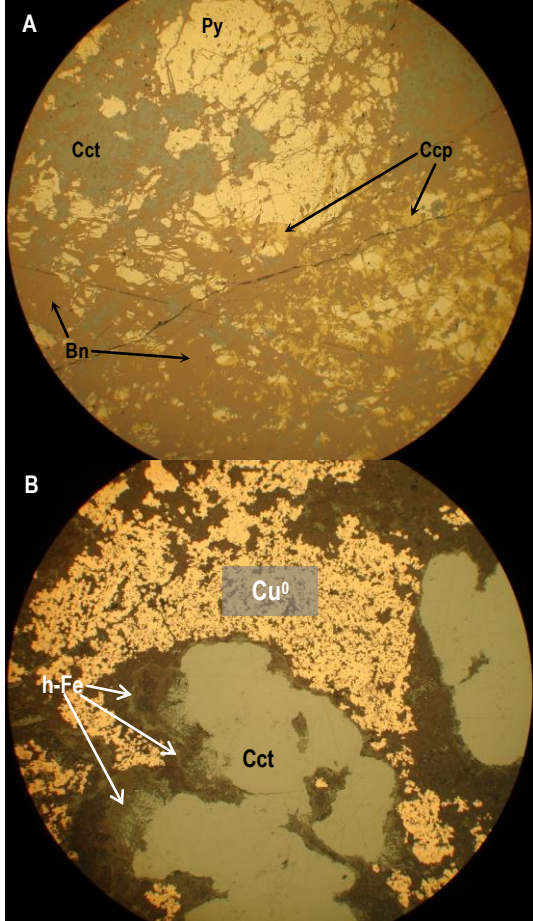
FICHA #19

<p>Referência: M-102-8 (241,1m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Pirite, hidróxidos de Fe e "calcocite"</p> <p>Associação mineral acessória:</p> <p>Classificação: Minério maciço</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério maciço, constituído essencialmente por pirite e cortado por um sistema de (micro)fracturas mineralizadas com geometria diversa.</p> <p>As fracturas, intergranulares, encontram-se preenchidas por:</p> <p>(1) Agregados criptocristalinos com fortes reflexões internas laranja-avermelhado (hidróxidos de Fe), constituindo a 2ª fase mais abundante;</p> <p>(2) "Calcocite", no seio da qual se observam relíquias de pirite. Verifica-se a substituição das massas de "calcocite" por uma fase de cor cinzenta, distinta da primeira, com reflexões internas vermelhas [(hidr)óxidos de Fe], ao longo de uma rede de microfracturas com desenvolvimento dendriforme.</p> <p>As microfracturas intragranulares encontram-se preenchidas por calcocite, a qual é, não raras vezes, substituída por hidróxidos de Fe.</p> <p>As relações texturais sugerem a substituição progressiva, por intermédio de um sistema de fracturas e microfracturas, da massa de pirite por "calcocite" e, posteriormente, desta por óxidos e hidróxidos de Fe.</p>	<p>Fig. 1: Luz reflectida simplesmente polarizada (A - ampliação 5x: B e C – ampliação 20x). Minério pirítico substituído por "calcocite" e, posteriormente, por (hidr)óxidos de Fe através de um sistema de fracturas intra e intergranulares.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

FICHA #20

<p>Referência: M-102-9 (246,25m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Carbonatos, óxidos e hidróxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: Cu nativo e arsenatos de Ca, Mg, Cu, V, Y e/ou ETR</p> <p>Classificação: Minério semi-maciço</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério semi-maciço com matriz carbonatada muito grosseira.</p> <p>No seio da matriz carbonatada, de natureza calcítica, surgem agregados de uma fase mineral extremamente fina, de cor castanha e hábito acicular, desenvolvendo por vezes formas aureolares radiadas, correspondendo a carbonatos dolomíticos.</p> <p>A mineralização do tipo semi-maciço compreende essencialmente óxidos e hidróxidos de Fe (vários tons de cinzento) não se encontrando qualquer evidência relativa à fase mineral primária, e Cu nativo.</p> <p>Os óxidos e hidróxidos de Fe, claramente mais abundantes: (1) desenvolvem-se: como pseudomorfoses completas ou parciais [domínios centrais colmatados por agregados criptocristalinos de cor castanha, com fortes reflexões internas alaranjadas/avermelhadas – hidróxidos de Fe]; e (2) apresentam texturas em atol, estando apenas preservada a estrutura equivalente às “paredes” da fase mineral primária, com o interior substituído pelos carbonatos da matriz.</p> <p>O Cu nativo surge disseminado, surgindo preferencialmente associado aos grãos dolomíticos, ou preenche espaços intersticiais envolvidos pelos agregados de (hidr)óxidos de Fe.</p> <p>Destaque para a presença (escassa) de arsenatos, quer disseminados na matriz carbonatada, quer constituindo orlas em torno de Cu nativo.</p> <p>A alteração pervasiva para (hidr)óxidos de Fe, com ausência total da fase mineral primária, denuncia alteração tardia extrema em ambiente fortemente oxidante.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 4x). Matriz carbonatada muito grosseira (calcítica), com agregados aureolares radiados (dolomíticos).</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">   </div> <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (A - ampliação 5x; B - ampliação 20x). Pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe e Cu nativo disseminado (preferencialmente associado aos domínios dolomíticos).</p>
<p>Observações complementares: Amostra seleccionada para microsonda electrónica.</p>	

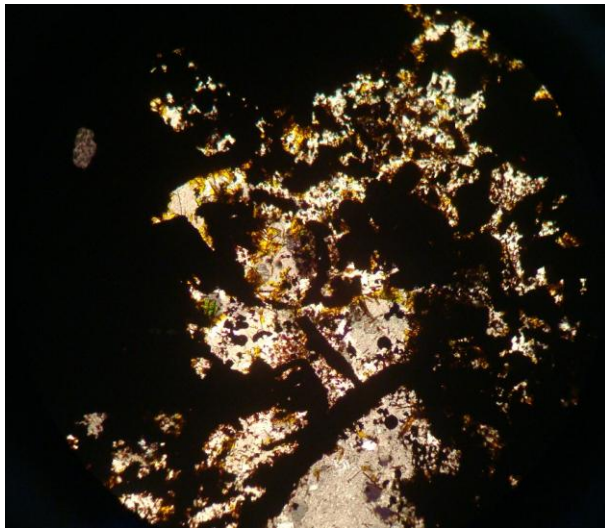
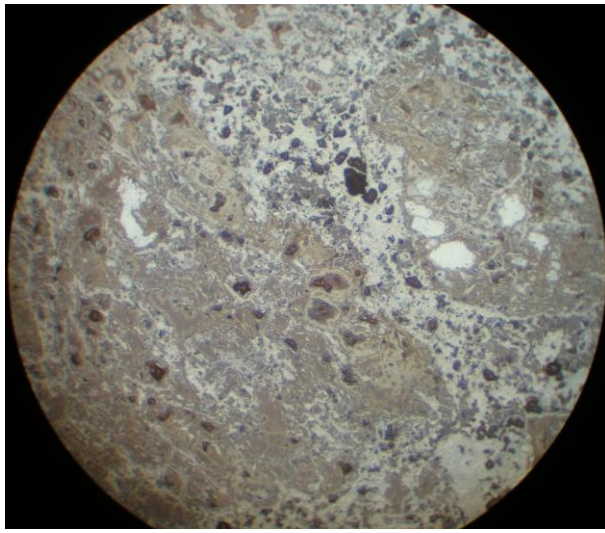
FICHA #21

<p>Referência: M-102-12 (260.15m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Carbonatos, óxidos e hidróxidos de Fe, calcocite, djurleite, digenite e anilite, Cu nativo, bornite e pirite.</p> <p>Associação mineral acessória: Calcopirite, cuprite, serpentina e talco</p> <p>Classificação: Minério brechificado</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério brechificado com cimento carbonatado grosseiro, tardio, observando-se no entanto domínios circunscritos constituídos por carbonatos de grão fino, com textura em mosaico, muito possivelmente resultantes de recristalização do protólito carbonatado. O carácter tardio dos carbonatos grosseiros parece ser coadjuvado pelo facto dos mesmos selarem fracturas que cortam o minério, assim como pelo aspecto corroído apresentado por algumas fases minerais opacas.</p> <p>É digna de realce a presença (sempre ao longo dos contactos entre carbonatos e minerais opacos) de pequenos minerais incolores, de hábito acicular, com tintas de birrefringência quer baixas quer de 2ª ordem e extinção radial identificados, respectivamente, como serpentina e talco.</p> <p>A mineralização é do tipo semi-macizo, sendo constituída por: (1) pirite, fortemente fracturada; (2) calcopirite; 3) bornite; 4) calcocite-anilite; 5) Cu nativo; 6) óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite)</p> <p>As relações texturais permitem inferir critérios cronológicos relativos à progressão das reacções de substituição da pirite, ao longo do sistema de fracturação, pela seguinte ordem: pirite ⇒ calcopirite ⇒ bornite ⇒ calcocite-anilite ⇒ óxidos e hidróxidos de Fe. O Cu nativo surge quer disseminado, quer associado à calcocite-anilite ou aos (hidr)óxidos de Fe (por substituição completa da calcocite-digenite), sugerindo que será, pelo menos em parte, contemporâneo dos processos de oxidação tardia. No seio das massas de Cu nativo surge, sob a forma de grãos submicrométricos, anédricos, cuprite.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 4x). Minério brechificado com cimento carbonatado grosseiro.</p> <div data-bbox="810 936 1345 1854">  </div> <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). A - substituição de pirite (Py) ao longo de microfracturas por calcopirite (Ccp), bornite (Bn), calcocite (Cct); B - domínio de oxidação tardia consistindo em calcocite, substituída por hidróxidos de Fe (h-Fe), e Cu nativo (Cu⁰).</p>
<p>Observações complementares: Lâmina seleccionada para microsonda electrónica</p>	

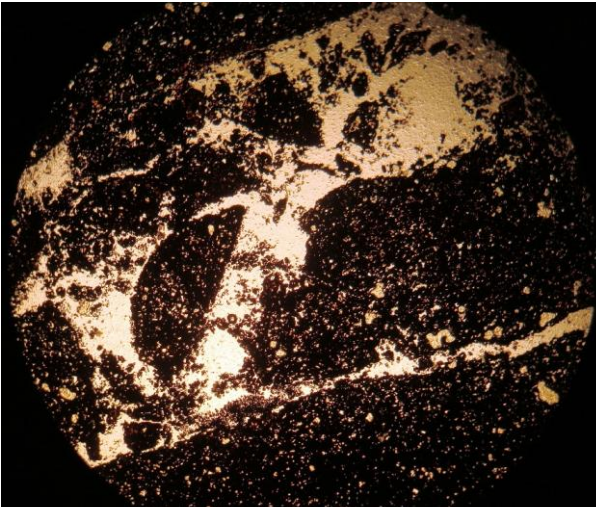
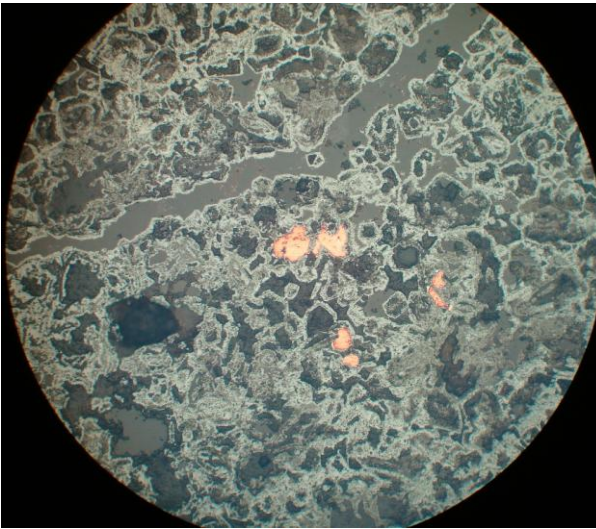
FICHA #22

<p>Referência: M-102-14 (290.7m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Quartzo, pirite, (hidr)óxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: “Calcocite” e goethite</p> <p>Classificação: Minério brechificado</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério brechificado, manifestando evidências de um evento de cataclase responsável pela fragmentação intensa dos grãos constituintes. Os espaços intergranulares apresentam-se colmatados por um cimento quartzoso de granularidade muito grosseira. Esta, aparenta ser resultado de um processo de recristalização, tendo permitido o desenvolvimento do cimento em torno da mineralização, englobando-a. A presença de contornos pouco definidos de alguns grãos opacos, assim como a disseminação de micro-grãos nos cristais de quartzo do cimento, sugerem o estabelecimento de condições propícias à progradação de processos de dissolução/corrosão dos mesmos pelo fluido silicioso.</p> <p>A mineralização é do tipo semi-macizo, consistindo essencialmente em: pirite e agregados criptocristalinos de cor castanho-escuro com reflexões internas vermelho-alaranjado, correspondendo a hidróxidos de Fe. Como acessórios surgem: “calcocite” e uma fase alaranjada, translúcida, com tintas de birrefringência intermédia e hábito acicular (goethite) no seio do cimento quartzoso.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (ampliação 10x). Minério brechificado de cimento quartzoso. Note-se a presença de goethite (Gt) de hábito acicular no seio do cimento quartzoso muito grosseiro, o qual engloba a mineralização.</p> 
<p>Observações complementares: Amostra seleccionada para microsonda no sentido de obter dados sobre a composição química das fases minerais principais e auxiliar na identificação das que se encontram interrogadas.</p>	

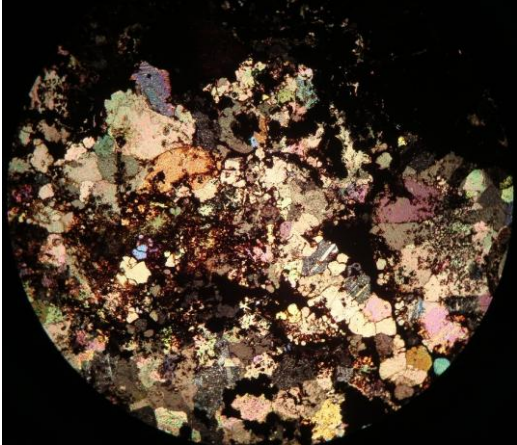
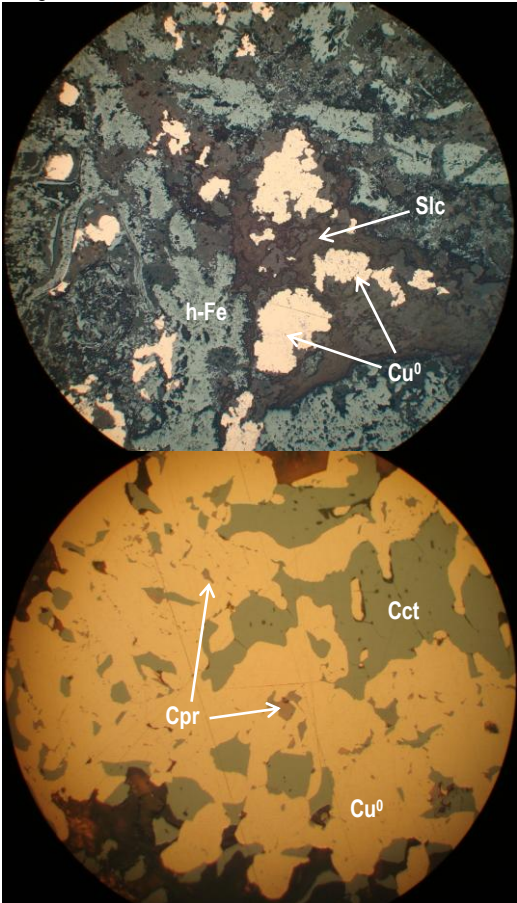
FICHA #23

<p>Referência: M-102-15 (295.15m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Óxidos e hidróxidos de Fe, carbonatos</p> <p>Associação mineral acessória: Carbonatos, goethite, "calcocite" e Cu nativo</p> <p>Classificação: Minério semi-maciço/maciço</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério semi-maciço/maciço, de matriz carbonatada, fortemente heterogranular.</p> <p>Há evidências para duas gerações de carbonatos: 1) uma, anterior à mineralização, representada por grãos de carbonato inclusos nas fases opacas; 2) outra, a selar diversos espaços vazios, entre os quais fracturas que atravessam o minério, pós-datando-o claramente.</p> <p>Surge, ainda que em quantidade nitidamente inferior à amostra anterior, goethite.</p> <p>A mineralização, semi-maciça a maciça, contempla fundamentalmente (1) óxidos e hidróxidos de Fe, muitas vezes sob a forma de pseudomorfoses completas, ocasionalmente intercrescidas com (2) uma fase de cor castanha que apresenta fortes reflexões internas laranja/avermelhadas resultando da substituição de (3) "calcocite"; e (4) Cu nativo, em quantidade francamente pouco significativa.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 10x). Minério semi-maciço de matriz carbonatada, no seio da qual se verifica a presença de grãos de goethite, translúcidos e de hábito acicular.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 10x). Pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

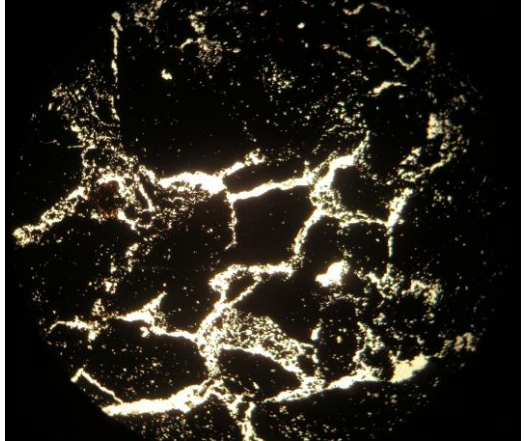
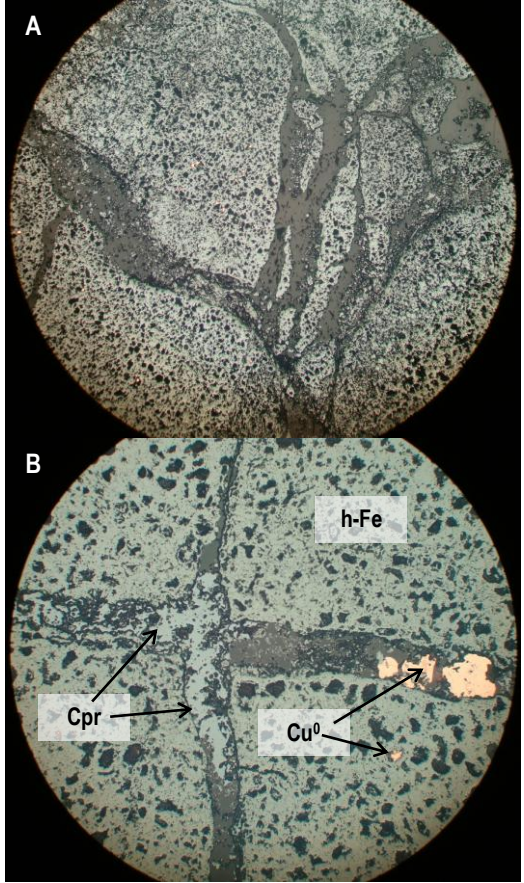
FICHA #24

<p>Referência: M-102-16 (301,25m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite)</p> <p>Associação mineral acessória: Carbonatos e Cu nativo</p> <p>Classificação: Minério brechificado</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério brechificado evidenciando um evento precoce de cataclase, responsável pela sua fragmentação. Os espaços intergranulares encontram-se colmatados por carbonatos grosseiros.</p> <p>A existência de contornos pouco definidos nos grãos opacos e a impregnação dos carbonatos por hidróxidos de Fe sugere corrosão química induzida pela circulação de fluidos aquo-carbônicos que não se encontrariam em equilíbrio com as fases opacas.</p> <p>A mineralização semi-maciça é constituída por grãos muito finos, predominantemente euédricos, correspondendo no essencial a pseudomorfoses de (hidr)óxidos de Fe (hematite-goethite, ocasionalmente revelando hábitos aciculares) por substituição poligonal cíclica da fase primária, quer total, quer com um vazio na zona central, ocupada por: (1) massa criptocristalina de cor castanha, com abundantes reflexões internas laranja/avermelhadas correspondentes a hidróxidos de Fe; (2) carbonatos; ou (3) Cu nativo (raro).</p> <p>O Cu nativo, pouco abundante, surge sempre como preenchimento de vazios: (1) em fracturas; (2) nas paredes ou centro das pseudomorfoses; e (3) intergranulares.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (ampliação 4x). Minério brechificado, no qual é patente a corrosão dos grãos opacos por parte do cimento carbonatado, evidenciada pelos contornos pouco definidos dos mesmos.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe. Realce para a presença de Cu nativo a preencher espaços vazios na zona central e nas paredes das pseudomorfoses.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

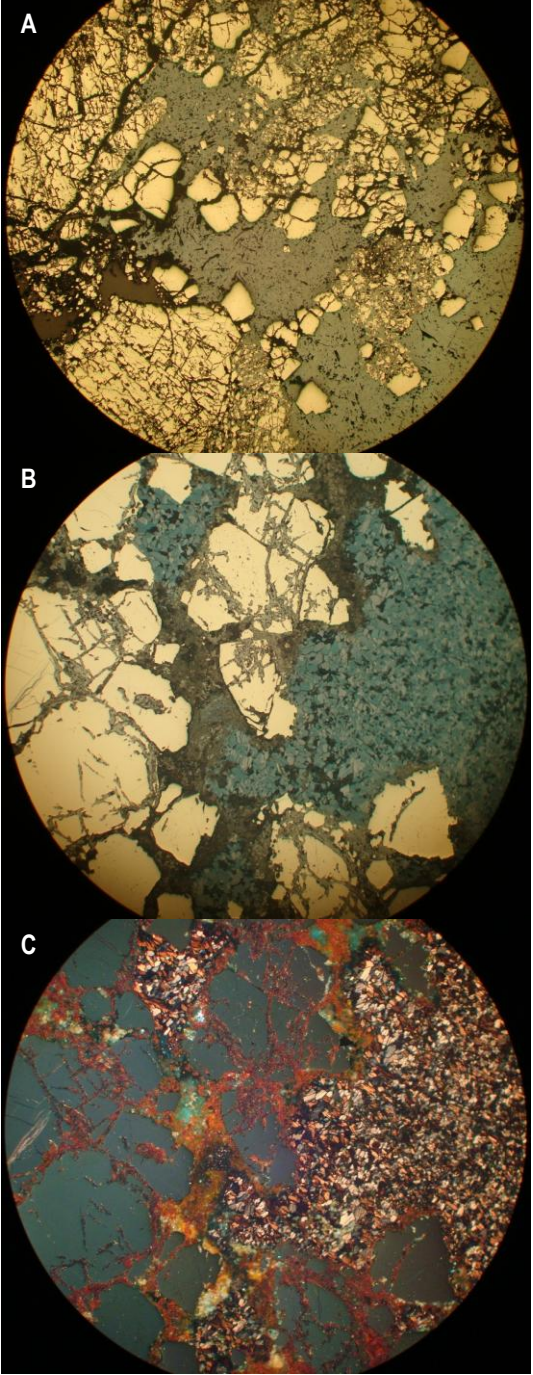
FICHA #25

<p>Referência: M-102-17 (304,55m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Óxidos e hidróxidos de Fe, Cu nativo, calcocite e carbonatos</p> <p>Associação mineral acessória: Cuprite e silicato de Fe e Mg</p> <p>Classificação: Minério semi-maciço</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério semi-maciço ao qual se associa uma componente carbonatada claramente heterogranular. Esta é caracterizada por agregados de carbonatos grosseiros e por carbonatos de granularidade mais fina, com textura em mosaico, nos quais se encontram fases opacas quer preenchendo fracturas intragranulares e sublinhando planos de clivagem, quer selando alguns espaços intersticiais delimitados por junções intergranulares. Estas observações permitem propor, ainda que com um certo grau de incerteza associado, a existência de processos de dissolução-reprecipitação do protólito carbonatado, aos quais se terão associado a precipitação das fases opacas, sucedendo-lhes um evento de fracturação, responsável pela brechificação do minério e posterior precipitação de cimento carbonatado grosseiro.</p> <p>A mineralização compreende:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Cu nativo; 2) Calcocite, geralmente intercrescida com Cu nativo; 3) Cuprite (fase cinzento-azulado com fortes reflexões internas vermelhas), sob a forma de pequenos grãos no seio de Cu nativo, juntamente com calcocite (mas muito menos abundante que ambas); 4) Óxidos e hidróxidos de Fe (vários tons de cinzento, com crescimento tipicamente acicular), substituindo calcocite; 5) Fase castanha (laranja-avermelhada, translúcida em luz transmitida) com fortes reflexões internas laranja – silicato de Fe e Mg 	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 4x). Minério semi-maciço com matriz carbonatada fortemente heterogranular.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (A: ampliação 20x; B: ampliação 50x). Presença de silicato de Fe e Mg (Slc) envolvendo Cu nativo (A); calcocite (Cct) e cuprite (Cpr) no seio de Cu nativo (Cu⁰).</p>
<p>Observações complementares: Amostra seleccionada para microsonda electrónica no sentido de obter dados sobre a composição química das fases minerais principais, auxiliar na identificação das que se encontram interrogadas.</p>	

FICHA #26

<p>Referência: M-102-18 (306,6m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Óxidos e hidróxidos de Fe (hematite-goethite)</p> <p>Associação mineral acessória: Carbonatos, Cu nativo e cuprite</p> <p>Classificação: Minério brechificado</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Idêntica à amostra M-102-16, exceptuando os seguintes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presença de uma fase mineral cor-de-laranja, translúcida, com crescimento acicular a partir dos bordos dos grãos opacos, correspondente a goethite (observada também nas amostras M102-14 e 15); • Quantidade menor de Cu nativo; • Presença de cuprite. 	<p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (ampliação 4x). Minério brechificado com cimento carbonatado.</p> <div data-bbox="884 943 1410 1823">  </div> <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (A – ampliação 5x; B – ampliação 20x). Zona de oxidação extrema, marcada por pseudomorfoses de óxidos de hidróxidos de Fe (h-Fe), com ausência total das fases primárias, (A e B). Presença de cuprite (Cpr) e Cu nativo (Cu⁰) a selar fracturas (B).</p>
<p>Observações complementares: Amostra seleccionada para microsonda no sentido de obter dados sobre a composição química das fases minerais principais e auxiliar na identificação das que se encontram interrogadas.</p>	

FICHA #27

<p>Referência: M-102-21 (329,2m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Pirite, (hidr)óxidos de Fe e "calcocite"</p> <p>Associação mineral acessória:</p> <p>Classificação: Minério maciço</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério maciço, sujeito a cataclase precoce, à qual se sobrepõe um evento de fracturação responsável pelo sistema de fracturas e microfracturas que afectam a massa de pirite e ao longo da qual se dá a sua substituição por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Calcocite", constituindo massas nos espaços intergranulares da pirite e, muito raramente, no preenchimento de microfracturas intragranulares. • Uma fase cinzento-escura, de mau polimento, que altera também as fases secundárias de Cu, correspondente a (hidr)óxidos de Fe; • Uma fase acastanhada, criptocristalina, com fortes reflexões internas laranja-avermelhado (também hidróxidos de Fe), que substitui todas as fases anteriores. <p>Verifica-se a existência, apesar de muito pouco abundante, de micro-grãos de calcopirite inclusos em pirite.</p> <p>Comparativamente à amostra M-102-8, realça-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A quase inexistência de microfracturas intragranulares de pirite preenchidas por calcocite, mercê do estado mais avançado de alteração para (hidr)óxidos de Fe • Uma maior proporção de grãos com composição mais próxima do termo CuS da solução sólida $\text{Cu}_2\text{S} - \text{CuS}$ (dadas as tintas de anisotropia apresentadas). 	<p>Fig.1: Luz reflectida simplesmente (A e B) e duplamente (C) polarizada (A – ampliação 5x; B e C – ampliação 20x). Minério pirítico com evidência de cataclase prévia, substituído por "calcocite" e, posteriormente, por (hidr)óxidos de Fe através de um sistema de fracturas intra e intergranulares. Note-se a forte anisotropia apresentada pelos sulfuretos de Cu.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

FICHA #28

Referência: M-103-1 (333,5m)

Coordenadas: Não disponíveis

Local: Mavoio

Associação mineral principal: Quartzo, microclina, plagioclase, carbonatos, pirite

Associação mineral acessória: Minerais de argila, sericite, anfíbola, rútilo, "calcocite" e bornite

Classificação: Brecha meta-arenítica subarcósica

Descrição:

Os clastos, de natureza arenítica subarcósica, compreendem essencialmente quartzo, microclina e plagioclase, apresentando os dois últimos alteração significativa, surgindo como acessórios rútilo, uma fase incolor, acicular, com birrefringência elevada, correspondente a filossilicatos (sericite), e uma fase mineral subcircular, pleocróica entre incolor e verde-garrafa, identificada como anfíbola. Apresentam matriz constituída por minerais de argila.

Os grãos, maioritariamente subangulosos e com contactos longos, apresentam granulometria fina e calibragem moderada.

Os filossilicatos encontram-se maioritariamente dispostos segundo orientações preferenciais, as quais parecem resultar de um bandado algo incipiente dos clastos. O facto da orientação dos filossilicatos ser distinta nos diferentes clastos, constitui evidência de rotação dos mesmos.

Em alguns clastos verificam-se domínios com orientação preferencial dos filossilicatos distinta da generalidade do clasto, à qual se associa uma diminuição do tamanho dos grãos (esmagamento?), podendo tratar-se de micro-corredores de cisalhamento.

O cimento hidrotermal é constituído por carbonatados bem desenvolvidos e grãos opacos claramente heterométricos, os quais terão sido depositados em simultâneo.

A mineralização surge quer associada ao cimento hidrotermal, quer disseminada nos clastos; nestes, verifica-se por vezes uma orientação preferencial dos opacos, parecendo materializar fracturas discretas. A associação mineral inclui: 1) pirite, claramente predominante; 2) "calcocite", quer primária, quer no preenchimento de (micro)fracturas de pirite; 3) bornite (extremamente rara), no seio/preenchendo (micro)fracturas de pirite.

Salienta-se o facto de os grãos de pirite no seio dos clastos serem de dimensão claramente inferior à dos presentes no cimento hidrotermal.

Observações complementares:

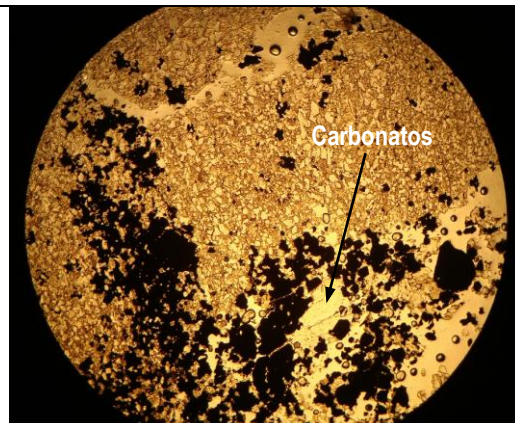


Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (ampliação 4x). Clastos subarcósicos envolvidos por cimento hidrotermal constituído por carbonatos grosseiros e grãos opacos heterométricos.

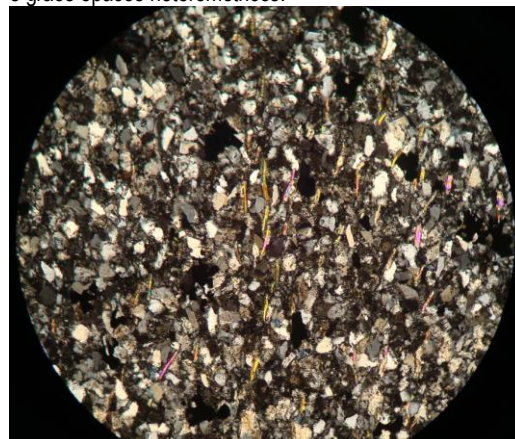


Fig. 2: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação de 10x). Detalhe da orientação preferencial dos filossilicatos nos clastos detríticos.

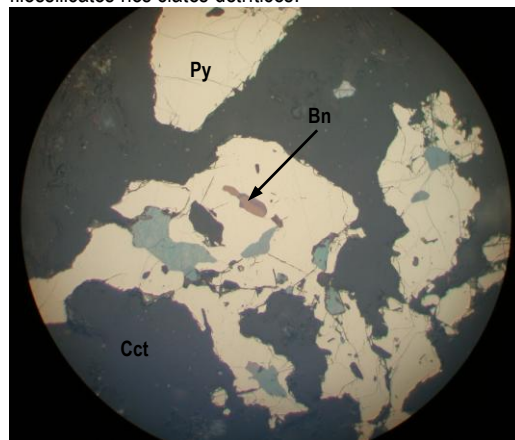
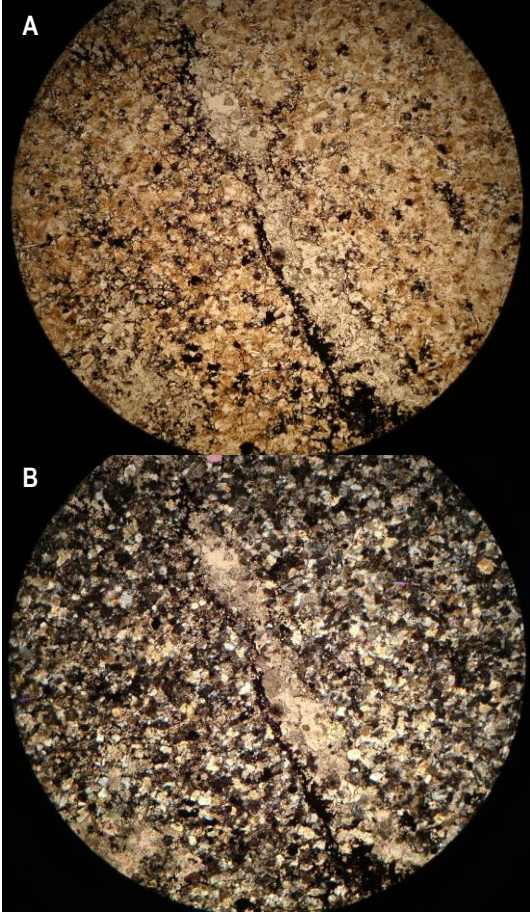


Fig. 3: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 50x). Mineralização associada ao cimento hidrotermal, constituída por agregados irregulares de pirite (Py), "calcocite" (Cct) e (rara) bornite (Bn).

FICHA #29

<p>Referência: M-103-2 (335,95m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Quartzo, microclina, plagioclase, carbonatos, “calcocite” e pirite</p> <p>Associação mineral acessória: Sericite, minerais de argila, anfíbola, esfalerite e calcopirite</p> <p>Classificação: Meta-arenito arcósico</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Meta-arenito arcósico com importante componente carbonatada, a qual não se encontra distribuída de modo homogêneo, parecendo resultar de um processo de carbonatação (aparentemente responsável pela diferença de tonalidades verificada em amostra de mão) resultante da percolação de fluidos aquo-carbônicos ao longo de uma subtil, mas pervasiva, rede heterogênea de microfracturas. Parece haver maior prevalência de carbonato nos domínios castanhos que nos domínios de cor salmão.</p> <p>Os grãos detríticos são constituídos essencialmente por quartzo, microclina e plagioclase, apresentando os dois últimos alteração significativa. Como acessórios observam-se uma fase incolor, acicular, com tintas elevadas e uma fase de granularidade muito fina, incolor, acicular, com tintas muito baixas, correspondentes, respectivamente, a sericite e minerais de argila, e uma fase de pequenas dimensões, pleocróica entre incolor e verde-garrafa, subcircular (anfíbola).</p> <p>Os grãos de quartzo apresentam granularidade muito fina e calibragem moderada, sendo maioritariamente subangulosos.</p> <p>A rocha encontra-se cortada por uma rede densa de filonetes preenchidos por minerais opacos (no bordo) e carbonatos grosseiros (no centro), sugerindo deposição polifásica. A presença de filonetes selados exclusivamente por opacos corrobora a sugestão de que a sua deposição é anterior à dos carbonatos tardios.</p> <p>Apesar de ser essencialmente controlada por fractura, observa-se também mineralização disseminada, esta última frequentemente associada à componente carbonatada da matriz. A associação mineral inclui: 1) “calcocite” (predominante), rodeando e substituindo pirite através de (micro)fracturas, sendo posteriormente substituída por (hidr)óxidos de Fe (por vezes apresentando com hábito mamilar em torno da “calcocite”); 2) pequenos grãos (raros) de esfalerite, quer no seio de pirite, quer no seio de calcocite (por substituição completa da anterior); 3) pequenos grãos disseminados de calcopirite.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente (A) e duplamente (B) polarizada (ampliação 4x). Matriz detrítica arcósica atravessada por filonete colmatado por grãos opacos no bordo e carbonatos grosseiros no centro.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Agregado irregular de “calcocite” (Cct), depois de pirite (Py), ao longo de fractura discreta. Note-se a substituição tardia de calcocite por hidróxidos de Fe (h-Fe).</p>
<p>Observações complementares:</p>	

FICHA #30

Referência: M-103-3 (371,4m)

Coordenadas: Não disponíveis

Local: Mavoio

Associação mineral principal: Carbonatos, calcocite, óxidos e hidróxidos de Fe

Associação mineral acessória: Cu nativo, pirite e calcopirite

Classificação: Filão (?) carbonatado

Descrição:

Filão (?) preenchido por carbonatos bastante grosseiros, nos quais há evidências de deformação: extinção ondulante e subgranulação. Encontra-se cortado por várias gerações de veios e filonetes selados por fases opacas e carbonatos tardios; algumas destas estruturas menores apresentam disposição escalonada (*en échelon*), correspondendo muito possivelmente a descontinuidades subsidiárias a (micro)zonas de cisalhamento.

O veio principal, que corta toda a estrutura, encontra-se fortemente mineralizado e apresenta aspecto brechificado; observam-se clastos carbonatados de grão fino (ainda que heterométrico), os quais poderão corresponder a arrancamentos de um protólito meta-carbonatado.

Na zona de contacto entre o veio principal e os carbonatos grosseiros do filão regista-se ligeira disseminação de opacos nos agregados de carbonato; este facto sugere reacção entre ambas as partes, promovendo a difusão de metais (e enxofre) para o seio dos carbonatos do veio.

Salienta-se também o facto dos carbonatos grosseiros do filão apresentarem coloração distinta (incolores e acastanhados) a qual poderá resultar de diferenças no quimismo dos mesmos.

A mineralização maioritariamente controlada por fractura, mas também disseminada nos carbonatos do filão, consiste em: 1) calcocite (claramente predominante), rodeada e substituída por hidróxidos de Fe ao longo de microfracturas e outros vazios, depois de pirite (reliquias muito raras); 2) pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe, por vezes incluído nos agregados criptocristalinos de cor acastanhada na zona central; 3) Cu nativo (pouco frequente) no preenchimento de microfracturas e outros espaços vazios; 4) grãos submicroscópicos de calcopirite

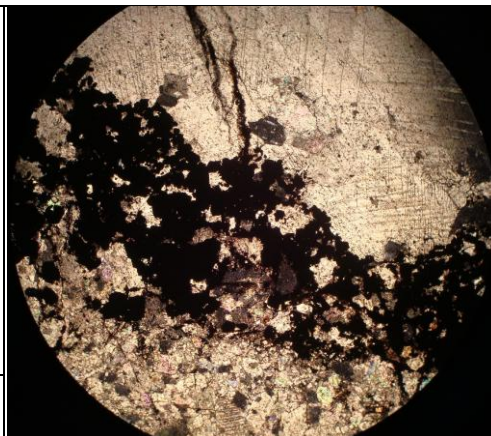
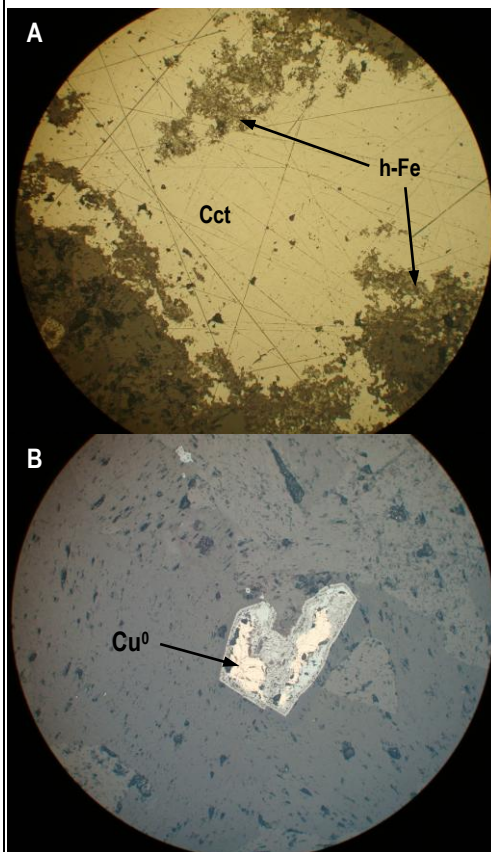


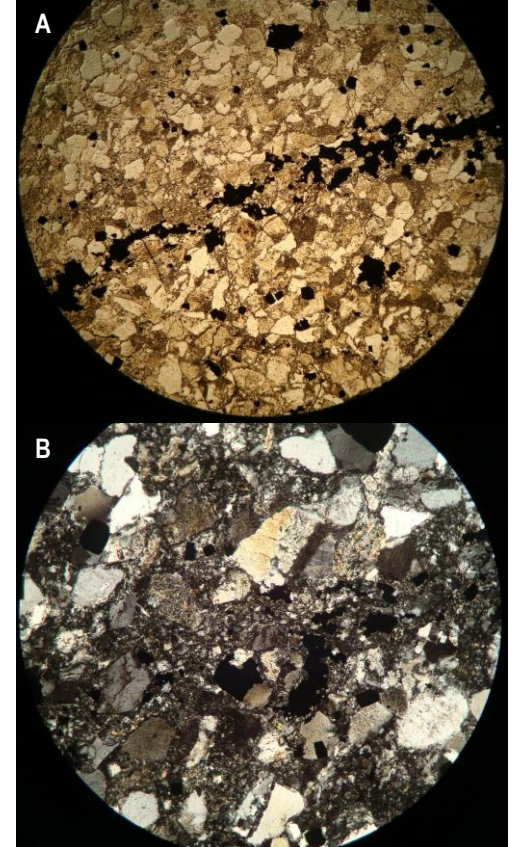
Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 4x). Aspecto brechificado do veio mineralizado, com destaque para arrancamento do protólito (carbonatos de grão fino).

Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). A: Massa de alcocite rodeada e substituída por hidróxidos de Fe; B: Detalhe de pseudomorfose de óxidos e hidróxidos de Fe com Cu nativo, tardio, a preencher os espaços vazios da mesma.



Observações complementares: Amostra seleccionada para microsonda no sentido de obter dados sobre a composição química das fases minerais principais e auxiliar na identificação das que se encontram interrogadas.

FICHA #31

<p>Referência: M-105-1 (262,5m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Quartzo, feldspatos, minerais de argila, pirite e “calcocite”</p> <p>Associação mineral acessória: Moscovite, sericite, clorite, epidoto, zircão, (hidr)óxidos de Fe e bornite</p> <p>Classificação: Meta-arenito arcóxico</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Meta-arenito arcóxico de granularidade fina e mal calibrado.</p> <p>Os grãos detriticos compreendem essencialmente quartzo e feldspatos (pelo menos, microclina e plagioclase), apresentando forma angulosa a subangulosa e baixa esfericidade; acessoriamente ocorre moscovite. Por vezes os grãos de quartzo apresentam contactos suturados, evidenciando processos de dissolução por pressão.</p> <p>Verifica-se a presença de matriz, constituída por quartzo microcristalino e agregados muito finos de minerais incolores, aciculares, com tintas baixa (minerais de argila) e intermédias (sericite), aparentemente resultantes da alteração dos feldspatos.</p> <p>Esporadicamente reconhecem-se grãos de: 1) uma fase mineral pleocróica entre incolor e verde, de tintas baixas e extinção recta, correspondente a clorite; 2) epidoto e 3) zircão.</p> <p>Observam-se ainda dois microcorredores de cisalhamento, materializados pela deposição de grãos opacos, aos quais se associa forte esmagamento dos grãos detriticos e minerais de argila. Parece desenvolver-se também uma fábrica grosseira, evidenciada pela orientação dos grãos alongados e pelas linhas de sutura intergranular.</p> <p>Mineralização quer disseminada, quer associada aos microcorredores de cisalhamento, sendo constituída essencialmente por pirite (predominante) substituída por “calcocite”. Como fases acessórias surgem: bornite, substituída por “calcocite”, e esta por sua vez por (hidr)óxidos de Fe.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente (A – ampliação 4x) e duplamente polarizada (B – ampliação 10x). A: matriz arcóica atravessada por microcorredor de cisalhamento materializado por grãos opacos; B: detalhe de A. Note-se o forte esmagamento e alteração dos grãos detriticos.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Agregado irregular poliminerálico constituído por calcocite (fase cinza-azulado), pirite (fase amarela) e hidróxidos de Fe (fase cinza no seio de calcocite), colmatando fractura discreta na matriz detritica arcóica.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

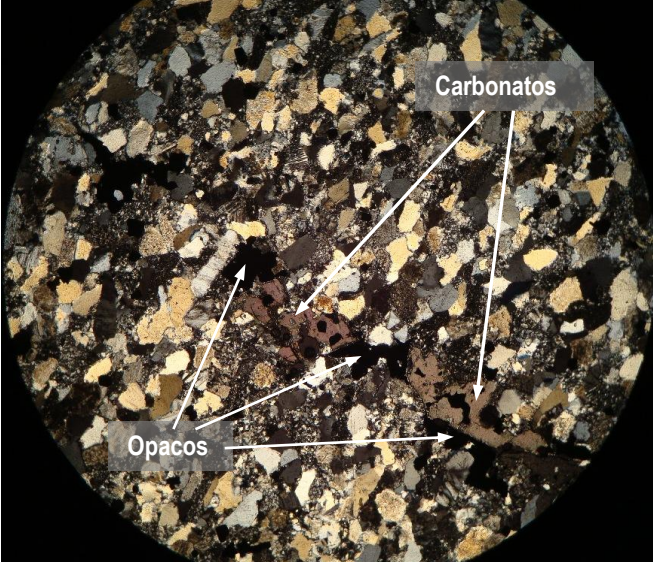
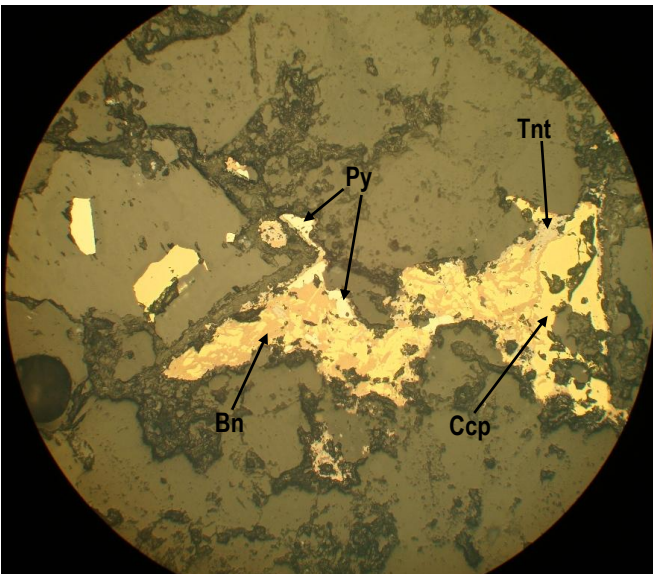
FICHA #32

<p>Referência: M-105-2 (263,7m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Carbonatos, pirite, "calcocite"</p> <p>Associação mineral acessória: Hidróxidos de Fe e calcopirite</p> <p>Classificação: Meta-calcário</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Meta-calcário fortemente heterogranular, de grão muito fino a grosseiro; os grãos de maior dimensão apresentam extinção ondulante; os de granularidade mais fina poderão, ainda que com alguma incerteza associada, corresponderem a remanescências de um protólito carbonatado de grão fino. A heterogeneidade dimensional dos grãos de carbonato sugere diferentes graus de recristalização e/ou acção de mecanismos de dissolução-reprecipitação.</p> <p>A textura pseudo-brechóide observada deve-se à rede densa e anastomosada de fracturas, as quais estão seladas por carbonatos bem desenvolvidos e fases opacas. O facto de existirem grãos opacos cortados por filonetes carbonatados sugere o estabelecimento de (pelo menos) um evento de fracturação posterior à deposição dos principais minerais opacos. Tal como observado noutras amostras, o carácter polifásico do preenchimento das fracturas encontra-se bem suportado pelas evidências petrográficas, identificando-se a presença de precipitados hidrotermais rítmicos (geralmente carbonatados com orlas de opacos), bem como de outros, mais tardios, apenas constituídos por uma das fases minerais.</p> <p>A mineralização é essencialmente controlada por fracturas, mas também forma disseminações. É constituída por: 1) pirite; 2) "calcocite", no preenchimento de (micro)fracturas, substituindo a pirite; 3) grãos de calcopirite (com granularidade muito fina a submicroscópica) longe dos agregados mais grosseiros. É digno de realce o facto da pirite de granularidade fina a submicroscópica apresentar cor mais clara que a de maiores dimensões, bem como o facto da alteração da "calcocite" conduzir a uma fase de cor cinzenta, com reflexões internas vermelhas [(hidr)óxidos de Fe].</p>	<p>Fig. 1: Luz trasmitida duplamente polarizada (ampliação 4x). Matriz metacarbonatada fortemente heterogranular, cortada por rede anastomosada de fracturas, seladas quer por carbonatos quer por fases opacas.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Aspecto particular da substituição de pirite por "calcocite" por intermédio de uma extensa rede de microfracturas que a afecta.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

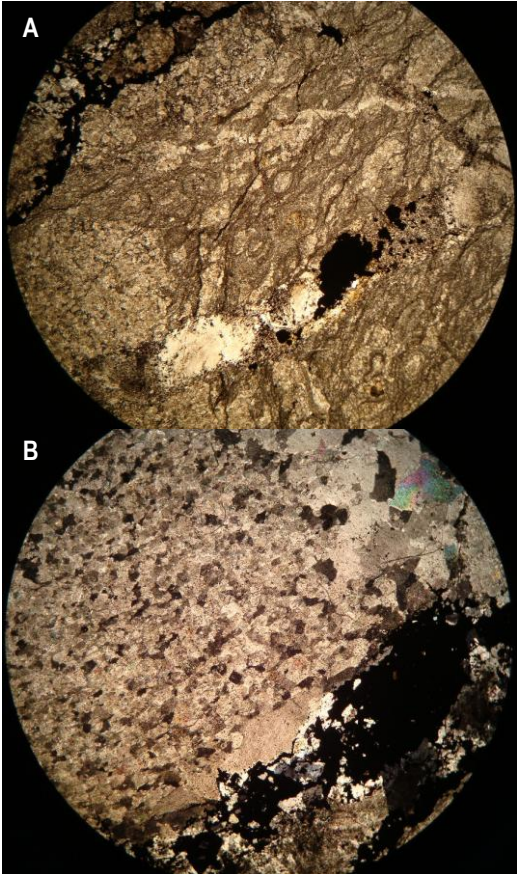
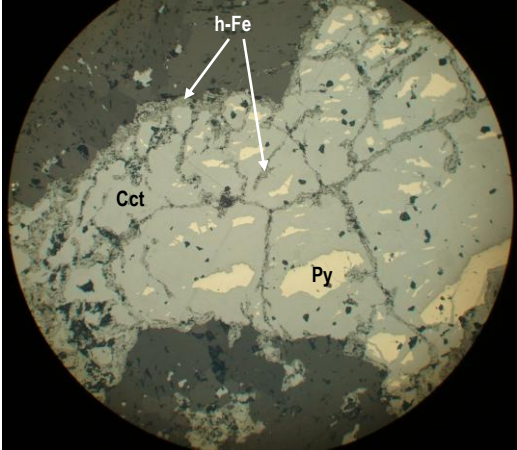
FICHA #33

<p>Referência: M-105-3 (268,7m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Quartzo, feldspatos e pirite</p> <p>Associação mineral acessória: Carbonatos, oscovite, minerais de argila, clorite, epidoto, zircão, rútilo, calcopirite, “calcocite”, bornite e esfalerite (?).</p> <p>Classificação: Meta-arenito arcósico</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Textural e mineralogicamente (em luz transmitida) idêntica à amostra M-105-1, salientando-se a presença de carbonatos grosseiros no preenchimento de fraturas, não havendo evidências de cataclase associada às mesmas.</p> <p>Mineralização essencialmente disseminada, surgindo no entanto alguns grãos opacos associados às fraturas, sendo constituída essencialmente por pirite e calcopirite. Acessoriamente ocorrem: 1) bornite, preferencialmente em calcopirite, mas também no seio de pirite; 2) “calcocite”, substituindo preferencialmente bornite em detrimento da calcopirite; 3) esfalerite (?), quer livre, quer no seio de pirite.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 4x). Matriz detrítica arcósica atravessada por fratura parcialmente colmatada por carbonatos grosseiros.</p> 
<p>Observações complementares:</p>	<p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação de 20x). Detalhe de agregado poliminerálico disseminado constituído por pirite (Py), calcopirite (Ccp), bornite e “calcocite”. Note-se a substituição de calcopirite por bornite através de microfracturas e desta por “calcocite”.</p>

FICHA #34

<p>Referência: M-105-4 (268,8m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Quartzo, feldspatos e pirite</p> <p>Associação mineral acessória: Moscovite, minerais de argila, carbonatos, clorite, epídoto, zircão, calcopirite, bornite, “calcocite”, tenantite, enargite e esfalerite (?)</p> <p>Classificação: Meta-arenito arcósico</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Lâmina bastante semelhante à anterior e à M-105-1. Não são, no entanto, evidentes fracturas ou micro-corredores de cisalhamento, tal como descrito anteriormente, apesar de se observar muito localmente preenchimentos carbonatados tardios em estreita associação com grãos opacos.</p> <p>A observação da lâmina à vista desarmada permite evidenciar alinhamentos dos grãos opacos segundo uma rede ortogonal, não obstante uma das direcções ser predominante. Na observação microscópica, estes alinhamentos não são tão perceptíveis, registando-se no entanto uma fábrica incipiente ao nível dos grãos de quartzo de baixa esfericidade, cujo alongamento maior se encontra preferencialmente orientado segundo a direcção prevalecte dos alinhamentos de grãos opacos.</p> <p>Mineralização do tipo disseminado, idêntica à da lâmina anterior, realçando-se no entanto a maior quantidade de calcopirite e bornite e a presença de tenantite e enargite.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 4x). Matriz arcósica cortada por fractura colmatada por carbonatos tardios e grãos opacos.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Agregado irregular poliminerálico constituído por pirite (Py), calcopirite (Ccp), bornite (Bn) e tenantite (Tnt).</p>
<p>Observações complementares: Amostra seleccionada para microssonda no sentido de obter dados sobre a composição química das fases minerais principais e auxiliar na identificação das que se encontram interrogadas.</p>	

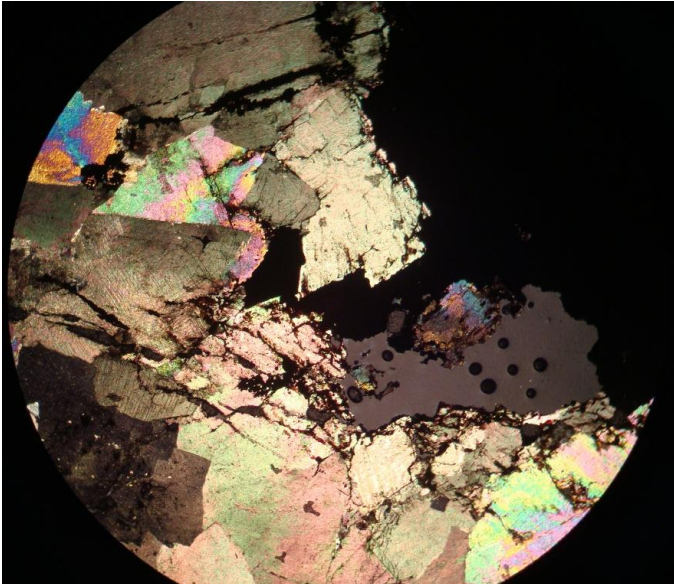
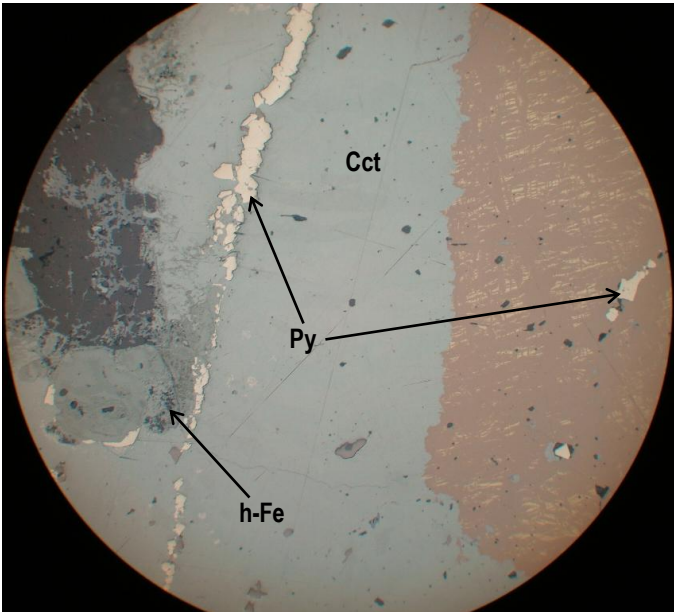
FICHA #35

<p>Referência: M-105-6 (277,3m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Carbonatos</p> <p>Associação mineral acessória: Óxidos e hidróxidos de Fe, “calcocite”, pirite, calcopirite e bornite</p> <p>Classificação: Meta-calcário</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Meta-calcário, fortemente heterogranular, cortado por um veio mineralizado na dependência de uma zona de cisalhamento, à qual se associa forte deformação (aparentemente responsável pelo carácter heterogranular observado).</p> <p>Reconhece-se uma geração de fracturas tardia, posterior à deformação acomodada pela matriz; estas fracturas encontram-se seladas por carbonatos grosseiros e minerais opacos.</p> <p>Identifica-se um bandado subparalelo à zona de cisalhamento com diferentes granularidades e arranjo dos grãos: 1) uma das bandas apresenta granularidade fina e, eventualmente, corresponderá ao termo mais próximo do protólito calcário; 2) outra das bandas é essencialmente constituída por grãos alongados de carbonato, com fábrica planar incipiente, paralela à direcção de cisalhamento; e 3) uma outra banda, contendo carbonatos de grão médio e textura em mosaico, possivelmente registando os efeitos de recristalização intensa.</p> <p>A mineralização é claramente controlada pela fracturação, sendo constituída por: 1) “calcocite”, com remanescências de pirite, e rodeada e substituída por óxidos e hidróxidos de Fe; 2) grãos submicroscópicos de pirite e calcopirite (extremamente raros), esta última evidenciando substituição por bornite.</p>	<p>Fig.1: Luz transmitida simplesmente (A) e duplamente (B) polarizada (ampliação 4x). Detalhe da heterogeneidade evidenciada pelos carbonatos na dependência da zona de cisalhamento (A) e imediatamente adjacentes à mesma (B).</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Substituição de “calcocite” (Cct) por (hidr)óxidos de Fe (h-Fe), depois de pirite (Py).</p>
<p>Observações complementares:</p>	

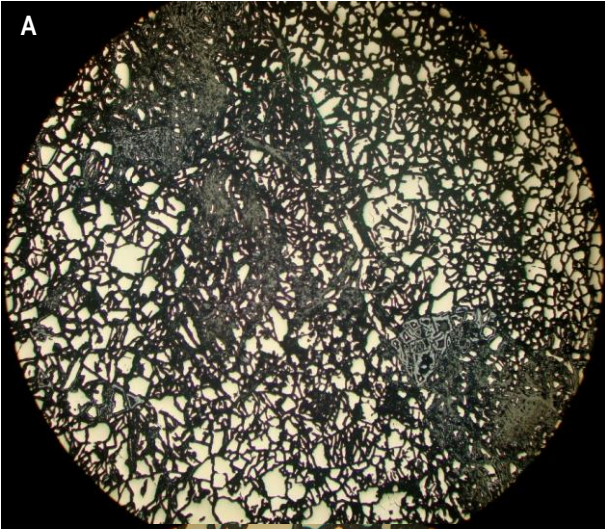
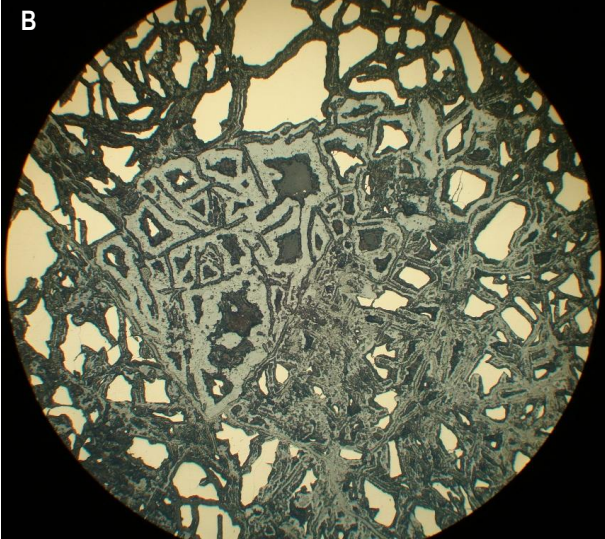
FICHA #36

<p>Referência: M-105-9 (292,7m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Carbonatos, Calcocite, óxidos e hidróxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: Cu nativo e calcopirite</p> <p>Classificação: Meta-calcário</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Meta-calcário constituído por carbonatos predominantemente grosseiros, os quais apresentam evidências de deformação: extinção ondulante, subgranulação, traços de clivagem curvos e kinking.</p> <p>Verifica-se a presença de clastos carbonatados de granularidade muito fina, presumivelmente constituindo parte do protólito meta-carbonatado.</p> <p>Há uma rede de (micro)fracturas mineralizadas bastante heterogénea, que se desenvolve tanto nos carbonatos grosseiros do veio como nos fragmentos do protólito. As fases opacas não surgem apenas no preenchimento de fracturas e microfracturas, tendendo também a ocorrer nos espaços intersticiais, quer ao longo das junções intergranulares dos carbonatos grosseiros (a partir das quais é evidente a sua substituição pelos opacos), quer da superfície de contacto entre os clastos do protólito e os carbonatos grosseiros do veio.</p> <p>No contacto entre os opacos da fractura principal e os carbonatos grosseiros do veio regista-se um pequeno bordo de carbonato mais claro, límpido, sugerindo reacção entre ambos.</p> <p>Realça-se ainda a presença de numerosos vazios nos carbonatos grosseiros, no bordo dos quais se observa um aspecto corroído.</p> <p>A mineralização maioritariamente controlada por fractura, mas também disseminada, consiste em: (1) calcocite (predominante), por vezes substituindo/envolvendo pirite disseminada; 2) Cu nativo, quer isolado, quer intercrescido com calcocite (claramente posterior) ou selando fracturas da mesma; (3) óxidos e hidróxidos de Fe tanto a substituir calcocite através de uma extensa rede de microfracturas, como sob a forma de pseudomorfoses, por vezes completas, depois de pirite; (4) grãos submicroscópicos disseminados de pirite e calcopirite</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 4x). Substituição dos carbonatos da matriz ao longo das junções intergranulares por fases opacas.</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">   </div> <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Veio mineralizado constituído por calcocite (Cct), a qual é substituída através de uma rede de microfracturas intragranulares por (hidr)óxidos de Fe (B). Presença de Cu nativo quer intercrescido com, quer selando fracturas e outros vazios em calcocite (A).</p>
<p>Observações complementares: Amostra seleccionada para microsonda electrónica.</p>	

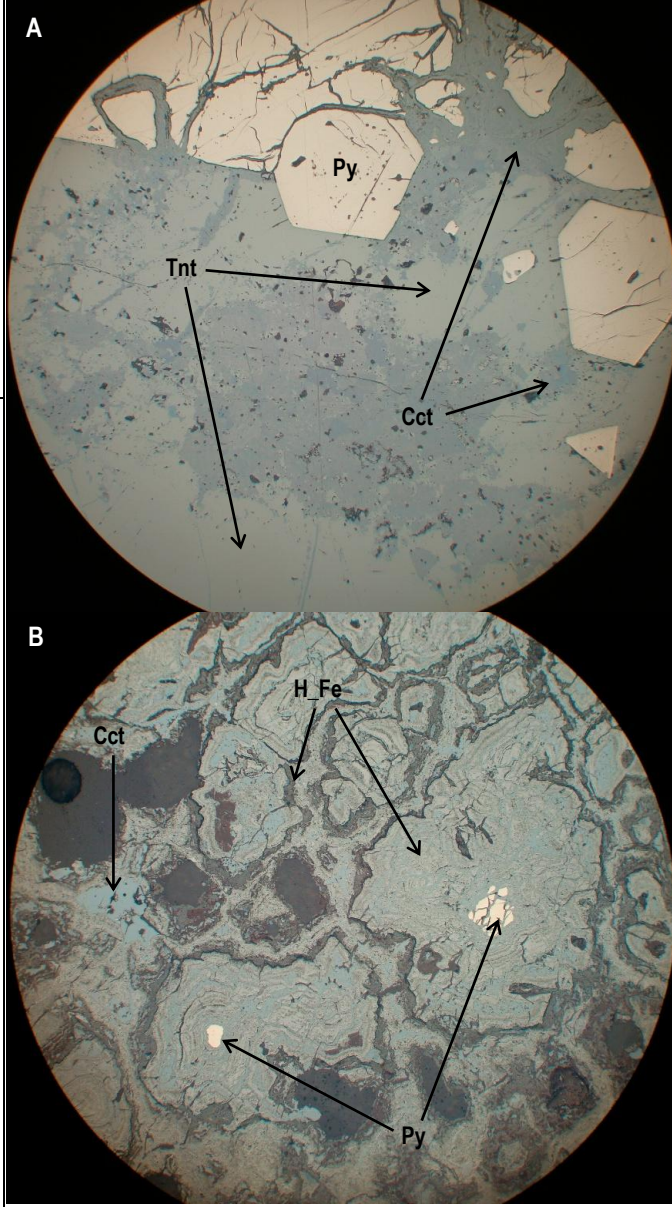
FICHA #37

<p>Referência: M-105-10 (300,7m)</p> <p>Coordenadas: Não disponíveis</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Carbonatos, óxidos e hidróxidos de Fe, calcocite-djurleite e bornite.</p> <p>Associação mineral acessória: Pirite, calcopirite e “covelite” cobaltífera</p> <p>Classificação: Meta-calcário</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Rocha carbonatada de granularidade predominantemente grosseira, apresentando evidências de deformação: extinção ondulante, traços de clivagem curvos e subgranulação. A heterogeneidade dimensional dos grãos de carbonato sugere a acção de mecanismos de dissolução-reprecipitação, possivelmente associadas aos eventos de fracturação e subsequente precipitação das fases opacas.</p> <p>A rede de fracturação é em tudo idêntica à verificada na amostra anterior, registando-se no entanto a existência de grãos opacos cortados por filonetes carbonatados sugerindo o estabelecimento de (pelo menos) um evento de fracturação posterior à deposição dos minerais opacos.</p> <p>O tipo de mineralização e fases opacas presentes é similar ao registado na amostra anterior, sublinhando-se as diferenças seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presença de pirite, originando texturas em ilha no seio de calcocite-djurleite e bornite (sugerindo as relação texturais o desenvolvimento da primeira por substituição da segunda); algumas, anédricas e de tonalidade claramente esbranquiçada, apresentam Co na sua estrutura; • Sulfureto de Cu e Co (“covelite” cobaltífera) associados à calcocite em substituição de pirite; • Lamelas de calcopirite no seio de bornite; • Cu nativo muito raro (ao contrário do verificado ao nível do testemunho). 	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente polarizada (ampliação 4x). Mineralização associada à fracturação da matriz carbonatada.</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Substituição progressiva de pirite (Py) por bornite (Bn), desta por calcocite-djurleite (Cct) e, por último, (hidr)óxidos de Fe. Realce para a presença de lamelas de calcopirite (fase alaranjada) no seio de bornite.</p>
<p>Observações complementares: Amostra seleccionada para microsonda electrónica</p>	

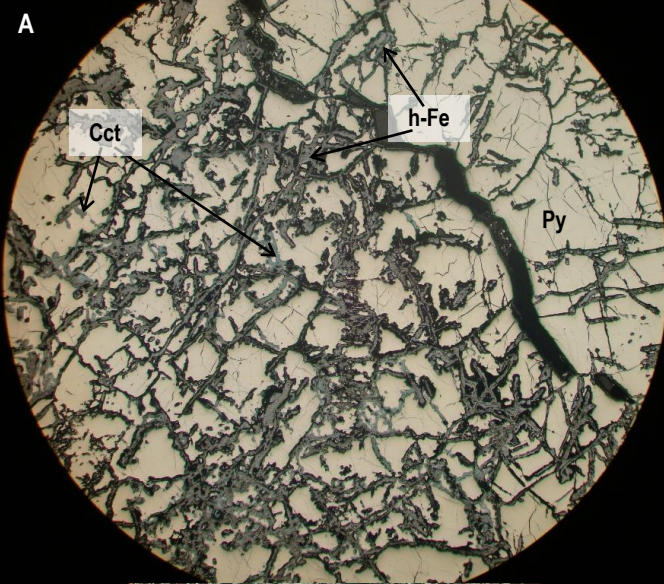
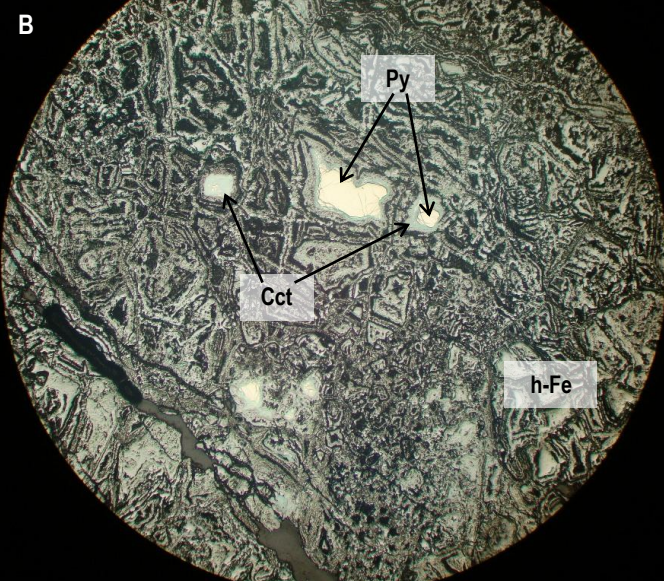
FICHA #38

<p>Referência: M-105-11 (320,8m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Pirite e (hidr)óxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: “Calcocite”</p> <p>Classificação: Minério maciço</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  <p style="margin-bottom: 10px;">A</p>  <p>B</p> </div> <p>Fig. 1: Luz reflectida simplesmente polarizada (A – ampliação 5x; B – ampliação 20x). Minério pirítico intensamente atravessado por uma rede heterogênea de fracturas, ao longo da qual se encontra substituído maioritariamente por (hidr)óxidos de Fe.</p>
<p>Descrição:</p> <p>Minério maciço cortado por sistema de fracturas de geometria diversa.</p> <p>A massa mineralizada é constituída essencialmente por pirite, encontrando-se as fracturas intergranulares maioritariamente preenchidas por (hidr)óxidos de Fe (fase cinzento-escuro, geralmente mal polida, e fase criptocristalina de tonalidade castanha) e, muito raramente, uma fase cinzenta mais clara compreendendo grãos polidos de dimensão assaz reduzida correspondente a “calcocite”.</p> <p>É de realçar a substituição quasi-pervasiva das fases secundárias de Cu por (hidr)óxidos de Fe e a insignificante quantidade de microfracturas intragranulares na pirite (por comparação com as amostras maciças anteriores), possivelmente “eliminadas” devido à progressão das reacções de substituição referidas.</p>	
<p>Observações complementares:</p>	

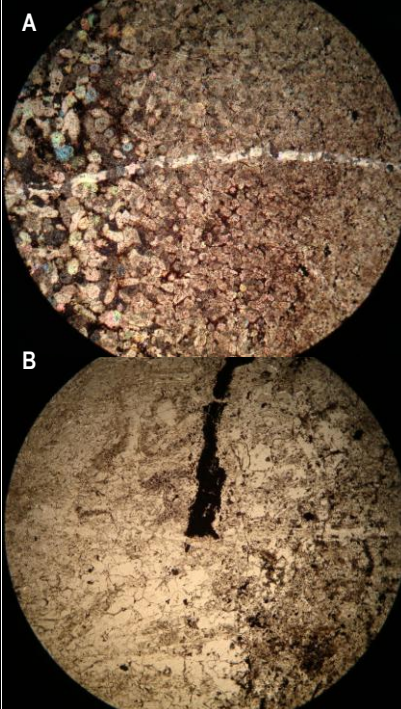
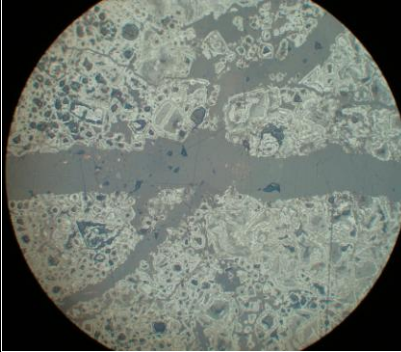
FICHA #39

<p>Referência: M-105-12 (326.9m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Óxidos e hidróxidos de Fe, pirite, tenantite, fases secundárias de Cu (djurleite, digenite, anilite, geerite e spionkopite)</p> <p>Associação mineral acessória: Calcopirite</p> <p>Classificação: Minério maciço</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Minério maciço com zonação evidente, resultante de processos graduais de substituição iniciados pelo desenvolvimento de uma rede de fracturas e microfracturas de geometria diversa em pirite de grão grosseiro, a partir da qual se deu o preenchimento/substituição progressiva por tenantite e posterior substituição desta última por fases secundárias de Cu (e, posteriormente, por óxidos e hidróxidos de Fe) através de uma fina rede de microfracturas.</p> <p>As texturas mais frequentes correspondem a ilhas de pirite no seio de tenantite e pseudomorfoses completas de óxidos e hidróxidos de Fe.</p> <p>Verifica-se a presença de microgrãos de calcopirite inclusos na pirite.</p>	<p>Fig. 1: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). A - Zona de menor progressão da oxidação, onde se verifica a substituição do minério pirítico (Py) por tenantite (Tnt) e deste por sulfuretos de Cu (Cct), através de uma rede de microfracturas; B - zona de oxidação intensa, caracterizada pela quase total substituição das fases primárias por óxidos e hidróxidos de Fe (h-Fe).</p>
<p>Observações complementares: Confirma-se que as massas de tonalidade avermelhadas observadas macroscopicamente correspondem a óxidos e hidróxidos de Fe.</p>	

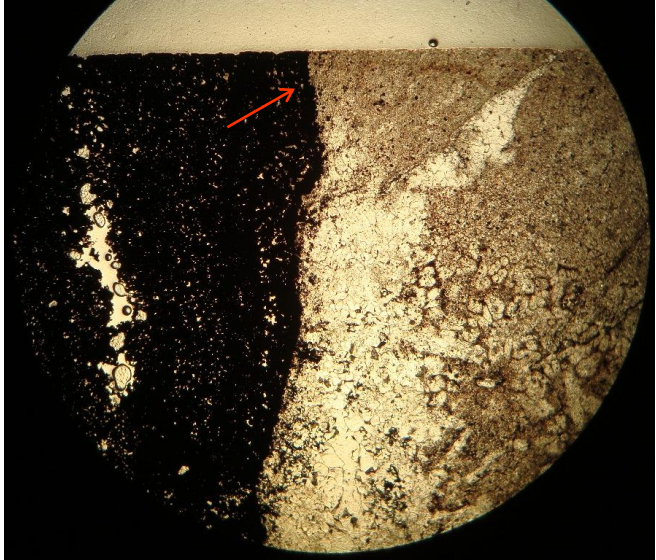

FICHA #40

<p>Referência: M-105-14 (334.2m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Pirite e (hidr)óxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: “Calcocite”</p> <p>Classificação: Minério maciço</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">   </div>
<p>Descrição:</p> <p>Minério maciço afectado por um evento de fracturação responsável pelo desenvolvimento de uma rede de fracturas e microfracturas em pirite, a partir das quais se desenvolveu a sua substituição.</p> <p>As fracturas intergranulares encontram-se preenchidas por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma fase cinzento-escura, de mau polimento, correspondente a (hidr)óxidos de Fe, que substitui também as fases secundárias de Cu; • Uma fase acastanhada, criptocristalina, com fortes reflexões internas laranja-avermelhado (hidróxidos de Fe), que substitui todas as fases anteriores; • “Calcocite”, em quantidades claramente inferiores às amostras anteriores. <p>As microfracturas intragranulares encontram-se preenchidas por “calcocite”, a qual é, não raras vezes, substituída por hidróxidos de Fe.</p> <p>As relações texturais indicam substituição progressiva da massa de pirite por “calcocite” e, posteriormente, desta por óxidos e hidróxidos de Fe.</p> <p>Destaque para o número significativo de vazios, incluindo fracturas (não mineralizadas) que cortam as pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe, denunciando um evento de fracturação posterior ao processo de oxidação do minério.</p>	<p>Fig. 1: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 5x).</p> <p>A - Zona de menor progressão da oxidação do minério, verificando-se a substituição de pirite (Py) por “calcocite” (Cct) e desta por (hidr)óxidos de Fe (h-Fe), através de uma rede de microfracturas inter- e intra-granulares. Note-se a presença de uma fractura com disposição escalonada (“<i>en échelon</i>”);</p> <p>B - zona progressão mais acentuada da oxidação, caracterizada pela substituição quase-pervasiva do minério pirítico e da “calcocite” para óxidos e hidróxidos de Fe, os quais se apresetam frequentemente sob a forma de pseudomorfoses.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

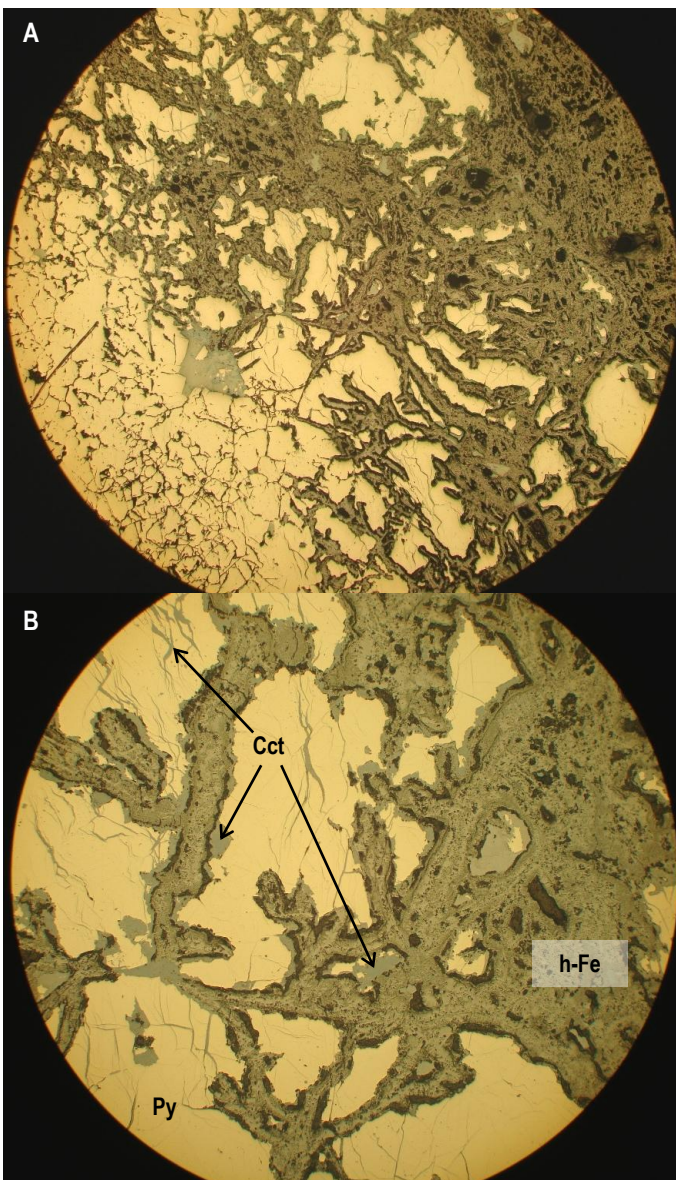
FICHA #41

<p>Referência: M-105-15a (342,85m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Carbonatos, óxidos e hidróxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: Moscovite</p> <p>Classificação: Meta-calcário</p>	
<p>Descrição:</p> <p>Meta-calcário fortemente heterogranular. Caracteriza-se por uma massa carbonatada de grão muito fino (dolomítico), a qual passa gradualmente a um carbonato mais grosseiro, com textura em mosaico (dolomíticos), ambos impregnados por hidróxidos de Fe (que lhes confere a tonalidade alaranjada verificada macroscopicamente), seguindo-se um agregado de carbonatos grosseiros (calcíticos), límpidos, com evidências de crescimento em espaço vazio, os quais selam também fracturas no domínio de mineralização semi-maciça, provocando corrosão das fases opacas. Este efeito é evidenciado pela impregnação dos carbonatos por hidróxidos de Fe nas zonas de contacto entre ambos e pela preservação de texturas em atol no seio dos carbonatos grosseiros, constituindo evidência de que são posteriores às fases opacas. Os carbonatos com textura em mosaico parecem resultar da acção de processos de recristalização e/ou dissolução-reprecipitação dos de grão muito fino aquando da instalação dos carbonatos grosseiros.</p> <p>A rede de (micro)filonetes observada é resultado de pelo menos três eventos de fracturação, cujas relações de corte não são de fácil avaliação. O primeiro evento de fracturação parece corresponder aos filonetes colmatados apenas por opacos, cujo desenvolvimento deverá ser contemporâneo do principal estágio mineralizante. O segundo, representado por filonetes colmatados apenas por carbonatos, aparenta ser síncrono do evento responsável pela formação dos carbonatos matriciais grosseiros, límpidos. O terceiro, representado por um filonete preenchido apenas por carbonatos grosseiros que corta todas as estruturas presentes na amostra (incluindo os agregados de carbonato grosseiro que selam as fracturas do domínio de mineralização maciça) documentará novo influxo de fluido (aquo-)carbónico (por certo anterior aos estádios de oxidação extrema do sistema).</p> <p>É de notar a presença de minerais incolores, de hábito acicular, tintas intermédias (moscovite) associados aos opacos no preenchimento de filonetes.</p> <p>A mineralização ocorre: (1) disseminada nos carbonatos de grão muito fino e em mosaico; (2) como preenchimentos de fracturas; (3) de forma semi-maciça num determinado sector da lâmina (correspondente ao domínio de textura brechóide e tonalidade castanho avermelhado observado macroscopicamente). É constituída por grãos muito finos, geralmente euédricos, correspondentes a pseudomorfoses completas de óxidos e hidróxidos de Fe depois de pirite.</p> <p>A alteração pervasiva para óxidos e hidróxidos de Fe (ausência total da fase mineral primária), denuncia ambiente fortemente oxidante.</p>	<p>Fig. 1: Luz transmitida duplamente (A) e simplesmente polarizada (ampliação 4x). A: Transição do carbonato de grão fino ao em mosaico; B: Transição entre carbonatos em mosaico (dolomíticos), impregnados por hidróxidos, e os carbonatos grosseiros límpidos (calcíticos).</p>  <p>Fig.2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Mineralização semi-maciça, constituída por pseudomorfoses completas de óxidos e hidróxidos de Fe, atravessada por fracturas seladas pelos carbonatos grosseiros (calcíticos).</p>
<p>Observações complementares:</p>	

FICHA #42

<p>Referência: M-105-15b (342,85m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Carbonatos, óxidos e hidróxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: Moscovite e Cu nativo</p> <p>Classificação: Meta-calcário</p>	 <p>Fig. 1: Luz transmitida simplesmente polarizada (ampliação 4x). Contacto directo entre o domínio mineralizado e os carbonatos dolomíticos do protólito (ver seta).</p>  <p>Fig. 2: Luz reflectida simplesmente polarizada (ampliação 20x). Presença de Cu nativo a preencher fractura no domínio de mineralização semi-maciça (pseudomorfoses de óxidos e hidróxidos de Fe).</p>
<p>Observações complementares:</p>	

FICHA #43

<p>Referência: M-105-17 (334.2m)</p> <p>Coordenadas:</p> <p>Local: Mavoio</p> <p>Associação mineral principal: Pirite, óxidos e hidróxidos de Fe</p> <p>Associação mineral acessória: Calcocite e calcopirite</p> <p>Classificação: Minério maciço</p>	 <p>The figure consists of two circular photomicrographs, labeled A and B. Image A shows a low-magnification view of a mineral sample with a complex, branching network of dark mineral structures. Image B is a higher magnification view of the same area, showing the transition from pyrite (Py) to calcocite (Cct) along microfractures. A label 'h-Fe' points to a region of iron oxides and hydroxides.</p>
<p>Descrição:</p> <p>Idêntica à M-105-14, com exceção da abundância ligeiramente superior de “calcocite”, quer ao nível das microfracturas intragranulares, quer das fracturas intergranulares.</p>	<p>Fig. 1: Luz reflectida simplesmente polarizada (A - ampliação 5x; B – ampliação 20x). Detalhe da transição entre o domínio menos oxidado do minério, onde ainda prevalecem os agregados de pirite (Py) localmente substituída por “calcocite” (Cct) ao longo de microfracturas intragranulares, e aquele em que os efeitos deste processo se fazem sentir de forma particularmente intensa, predominando os óxidos e hidróxidos de Fe (h-Fe) em substituição progressivamente pervasiva das fases anteriores.</p>
<p>Observações complementares:</p>	

ANEXO 4 – TABELAS DE QUÍMICA MINERAL

Pirite

Unidade Litostratigráfica - Lenticula Mineralizada	Formação C5b - Lenticula B																														
Lâmina	M-73B-7a																														
Referência	b1										b2							b3					b4								
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	
Local da análise	grão grosseiro, fracturado [fracturas seladas por "calcocite" e (hidr)óxidos de Fe]				reliquia em veio de calcocite				grão grosseiro, fracturado [fracturas seladas por "calcocite" e (hidr)óxidos de Fe]		grão grosseiro, fracturado [fracturas seladas por "calcocite" e (hidr)óxidos de Fe]				pequenos grãos em fractura, com "calcocite" e (hidr)óxidos de Fe			grão grosseiro, fracturado [fracturas seladas por "calcocite" e (hidr)óxidos de Fe]					grãos framboidais em fractura					grão grosseiro, fracturado [fracturas seladas por "calcocite" e (hidr)óxidos de Fe]			
Percentagem em peso																															
Sb	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.004	0.000	0.023	0.002	0.018	0.000	0.004	0.008	0.015	0.057	0.001	0.013	0.000	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.018	0.000	0.002	0.027
As	0.000	0.020	0.000	0.043	0.000	0.873	0.214	0.065	0.000	0.219	0.000	0.000	0.073	0.052	1.215	0.040	0.000	0.055	0.000	0.468	0.159	0.260	0.021	0.242	0.013	0.513	1.482	1.682	0.013	0.000	
Mn	0.026	0.000	0.048	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.038	0.000	0.025	0.000	0.000	0.013	0.000	0.037	0.010	0.038	0.000	0.361	0.028	0.056	0.000	0.049	0.000	0.000	0.007	0.004	0.018	
Fe	46.674	47.030	46.671	46.803	46.630	46.364	46.170	45.893	46.510	46.514	46.677	46.567	46.653	46.432	45.573	46.484	41.274	47.110	46.406	46.810	45.739	47.066	46.634	46.640	46.261	46.136	46.481	46.388	46.631	46.932	
S	53.312	53.663	53.612	53.190	53.351	52.188	52.971	52.700	53.899	53.284	53.987	54.510	53.972	54.590	53.381	54.474	53.177	53.241	53.446	52.231	53.063	52.991	52.893	52.630	53.169	51.567	52.066	52.041	51.358	53.562	
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Sn	0.000	0.002	0.034	0.008	0.010	0.000	0.023	0.000	0.009	0.027	0.000	0.038	0.015	0.000	0.000	0.000	0.015	0.032	0.000	0.004	0.000	0.041	0.000	0.000	0.011	0.027	0.047	0.000	0.008	0.000	
Cu	0.048	0.015	0.062	0.060	0.504	0.768	0.880	1.295	0.490	1.008	0.071	0.071	0.026	0.244	1.878	0.001	4.148	0.731	1.680	0.354	1.309	0.216	0.637	0.623	1.020	0.960	0.381	0.147	0.672	0.081	
In	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000	0.006	0.017	0.000	0.004	0.027	0.000	0.015	0.004	0.022	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.001	0.021	0.011	0.000	0.008	0.000	
Se	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.054	0.008	0.008	0.025	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.002	0.033	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	
Ag	0.000	0.000	0.000	0.019	0.009	0.026	0.000	0.000	0.020	0.000	0.089	0.015	0.000	0.007	0.000	0.037	0.048	0.000	0.030	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.002	0.000	0.000	0.030	
Co	0.112	0.111	0.133	0.071	0.079	0.080	0.074	0.074	0.182	0.076	0.090	0.124	0.374	0.202	0.057	0.418	0.121	0.072	0.090	0.082	0.050	0.130	0.074	0.060	0.099	0.040	0.083	0.089	0.090	0.052	
Ni	0.000	0.000	0.052	0.037	0.007	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.051	0.007	0.093	0.053	0.000	0.128	0.086	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	
Pb	0.035	0.018	0.000	0.000	0.013	0.043	0.000	0.141	0.073	0.055	0.000	0.009	0.000	0.000	0.122	0.000	0.000	0.000	0.072	0.400	0.038	0.050	0.181	0.031	0.340	0.000	0.000	0.005	0.543	0.000	
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Zn	0.026	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.023	0.071	0.026	0.000	0.000	0.000	0.073	0.007	0.000	0.053	0.037	0.000	0.063	0.000	0.000	0.000	0.002	0.088	0.072	
Cd	0.004	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.052	0.000	0.008	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	
Au	0.671	0.000	0.717	0.159	0.469	0.105	0.120	0.000	0.199	0.000	0.000	0.716	0.000	0.086	0.236	0.009	0.238	0.137	0.000	0.003	0.000	0.290	0.315	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.564	0.303	
Total	100.944	100.932	101.331	100.397	101.072	100.483	100.452	100.191	101.459	101.324	100.993	102.121	101.314	101.734	102.532	101.633	99.161	101.528	101.776	100.431	100.830	101.129	100.815	100.393	100.985	99.329	100.587	100.361	99.993	101.077	
Distribuições iônicas																															
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000		
As	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.014	0.003	0.001	0.000	0.004	0.000	0.000	0.001	0.001	0.019	0.001	0.000	0.001	0.000	0.008	0.003	0.004	0.000	0.004	0.000	0.008	0.024	0.027	0.000	0.000	
Mn	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.008	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Fe	1.005	1.006	1.000	1.010	1.004	1.013	0.999	0.999	0.991	1.001	0.993	0.981	0.992	0.976	0.971	0.980	0.891	1.016	0.997	1.025	0.989	1.018	1.012	1.016	0.999	1.023	1.013	1.010	1.043	1.006	
S	2.000	2.000	2.000	1.999	2.000	1.986	1.997	1.999	2.000	1.996	2.000	2.000	1.999	1.999	1.980	1.999	2.000	1.999	2.000	1.992	1.997	1.996	2.000	1.996	2.000	1.991	1.976	1.973	2.000	2.000	
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

[illegible]

Unidade Litostratigráfica - Lenticula Mineralizada	Formação C5b - Lenticula C1																					
Lâmina	M-73B-4					M-102-12										M-105-10						
Referência	b1			b2		b2										b1				b1_py2		
Análise	1	2	3	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	1	2	3
Local da análise	reliquia no seio de cct			reliquia no seio de calcocite		em zona de substituição mais intensa, com bn e calcocite			em zona de substituição de intensidade intermédia, com bn e cct			em zona de substituição menos intensa, , com cpy, bn e calcocite				reliquias no seio de massa de calcocite				grão grosseiro (centro) no seio de massa de calcocite		grão grosseiro (bordo) no seio de massa de calcocite
Percentagem em peso																						
Sb	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.035	0.000	0.021	0.000	0.042	0.000	0.000	0.019	0.000	0.021	0.017	0.000	0.002	0.006	0.003	0.000
As	2.169	2.731	0.040	0.022	1.413	0.005	0.000	0.000	0.205	0.176	0.024	0.016	0.000	0.005	0.000	0.032	0.528	0.354	0.426	0.049	0.031	0.046
Mn	0.017	0.007	0.000	0.000	0.000	0.017	0.007	0.000	0.021	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.023	0.000	0.039	0.000	0.000	0.036
Fe	45.593	45.416	46.406	46.811	45.843	46.473	46.826	46.617	46.420	46.892	47.167	45.853	46.981	46.457	45.393	45.315	42.474	42.909	42.880	46.728	47.120	44.238
S	51.926	51.595	53.008	53.764	52.516	52.771	52.594	53.072	52.817	52.841	53.305	52.506	50.922	52.573	51.727	51.980	52.191	52.135	51.805	52.725	52.841	51.372
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.008	0.014	0.013	0.014	0.008	0.019	0.010	0.009	0.000	0.047	0.018	0.023	0.036	0.025	0.023	0.012	0.000	0.000	0.078	0.000	0.004
Cu	0.617	1.018	0.701	0.794	1.377	0.475	0.790	0.521	0.726	0.423	0.283	0.941	0.636	0.223	1.544	0.875	0.907	1.176	1.142	0.081	0.184	1.767
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.045	0.000	0.000	0.000	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.009	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.017	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.031	0.030	0.011	0.033	0.025	0.009
Ag	0.000	0.000	0.018	0.002	0.000	0.033	0.000	0.015	0.000	0.035	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.016	0.000	0.000	0.047	0.000
Co	0.702	0.828	0.086	0.051	0.519	0.083	0.070	0.109	0.060	0.048	0.047	0.091	0.097	0.066	0.059	0.078	3.688	2.864	2.567	0.057	0.074	1.340
Ni	0.000	0.012	0.000	0.008	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.020	0.075	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.045	0.079
Pb	0.069	0.014	0.000	0.000	0.041	0.000	0.040	0.000	0.041	0.110	0.038	0.057	0.043	0.058	0.000	0.044	0.000	0.000	0.000	0.078	0.008	0.080
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.018	0.000	0.000	0.029	0.063	0.050	0.007	0.068	0.003	0.000	0.000	0.070	0.032	0.036	0.016	0.000	0.016	0.022	0.021	0.000	0.068	0.000
Cd	0.000	0.006	0.000	0.047	0.006	0.000	0.044	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.323	0.155	0.000	0.000	0.000	0.287	0.000	0.441	0.495	0.000	0.093	0.000	0.610	0.122	0.000	0.096	0.000	0.082	0.246	0.000	0.019	0.347
Total	101.475	101.790	100.290	101.565	101.805	100.269	100.432	100.853	100.858	100.571	101.049	99.552	99.350	99.615	98.883	98.494	99.908	99.588	99.172	99.835	100.465	99.318
Distribuições iônicas																						
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.035	0.044	0.001	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.006	0.007	0.001	0.001	0.001
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Fe	0.990	0.988	1.005	1.000	0.991	1.011	1.022	1.009	1.007	1.018	1.016	1.003	1.059	1.015	1.008	1.001	0.930	0.942	0.947	1.017	1.024	0.989
S	1.964	1.956	1.999	2.000	1.977	2.000	2.000	2.000	1.996	1.997	1.999	2.000	2.000	2.000	2.000	1.999	1.991	1.994	1.993	1.999	1.999	1.999
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Cu	0.012	0.019	0.013	0.015	0.026	0.009	0.015	0.010	0.014	0.008	0.005	0.018	0.013	0.004	0.030	0.017	0.017	0.023	0.022	0.002	0.004	0.035
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

[illegible]

Unidade Litostratigráfica - Lenticula Mineralizada	Formação C5b - Lenticula C2																
Lâmina	M-102-14				M-105-12												
Referência	b1				b1_py											b2_py	
Análise	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2
Local da análise	grão grosseiro, fracturado [fracturas seladas por "calcocite" e (hidr)óxidos de Fe e quartzo]				grão grosseiro o isolado na massa de tenantite (centro)	grão grosseiro o isolado na massa de tenantite (bordo)	grão grosseiro o isolado na massa de tenantite (centro)	grão grosseiro o isolado na massa de tenantite	grão grosseiro/massa, fracturado, a ser substituído por cct		reliquia no seio de tnt		massa fracturada	grão grosseiro o isolado	reliquia no seio de tenantite	reliquia no seio de cct	
Percentagem em peso																	
Sb	0.149	0.381	0.172	0.016	0.000	0.005	0.000	0.041	0.020	0.009	0.000	0.008	0.002	0.000	0.029	0.036	0.000
As	0.037	0.024	0.008	0.113	0.022	1.118	0.000	1.459	0.003	0.011	0.000	0.000	0.000	0.034	0.248	0.233	0.013
Mn	0.053	0.015	0.000	0.032	0.028	0.000	0.005	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	46.444	45.689	46.747	46.795	46.777	46.300	47.016	46.298	46.829	46.828	46.690	46.448	46.986	46.796	45.399	47.220	46.525
S	52.616	52.639	53.431	53.652	53.174	52.668	53.070	52.212	52.841	53.305	53.051	52.796	53.187	53.338	52.629	53.319	53.354
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048	0.000	0.000	0.000	0.002	0.040	0.019
Cu	1.144	2.123	0.897	0.450	0.035	0.393	0.070	0.217	0.075	0.090	0.906	1.108	0.086	0.057	2.870	0.502	1.016
In	0.000	0.009	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000	0.001	0.040	0.000	0.041	0.000	0.000	0.051	0.061	0.004	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.000	0.017
Ag	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.005	0.019	0.004	0.000	0.027	0.000	0.000	0.009	0.000	0.014
Co	0.087	0.056	0.069	0.079	0.072	0.082	0.089	0.083	0.055	0.062	0.070	0.044	0.076	0.075	0.178	0.087	0.075
Ni	0.021	0.000	0.005	0.026	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.046	0.001	0.000	0.037	0.012	0.046	0.000	0.000
Pb	0.084	0.000	0.000	0.000	0.104	0.000	0.000	0.069	0.000	0.021	0.000	0.065	0.053	0.000	0.112	0.037	0.027
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.048	0.018	0.000	0.015	0.075	0.024	0.010	0.000	0.053	0.000	0.025	0.040	0.003	0.058	0.031	0.000
Cd	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.056	0.011	0.000	0.160	0.412	0.000	0.000	0.330	0.391	0.138	0.000	0.041	0.045	0.480	0.000	0.000	0.642
Total	100.730	100.995	101.347	101.379	100.639	100.668	100.296	100.731	100.298	100.567	100.807	100.562	100.532	100.846	101.668	101.509	101.702
Distribuições iônicas																	
Sb	0.001	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.018	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.004	0.000
Mn	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	1.013	0.995	1.004	1.001	1.010	1.000	1.017	1.006	1.018	1.009	1.011	1.010	1.014	1.007	0.988	1.015	1.001
S	1.998	1.996	1.998	1.998	2.000	1.982	2.000	1.976	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.999	1.996	1.996	2.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.022	0.041	0.017	0.008	0.001	0.007	0.001	0.004	0.001	0.002	0.017	0.021	0.002	0.001	0.055	0.009	0.019
In	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002
Ni	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.004
total cat	1.039	1.038	1.023	1.013	1.016	1.011	1.021	1.015	1.024	1.015	1.030	1.034	1.020	1.014	1.051	1.027	1.027
total S	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Unidade Litostratigráfica - Lenticula Mineralizada	Subgrupo Xisto-Gresoso - Lenticula I																													
Lâmina	M-102-1A																													
Referência	b1														b2		b4										b5			
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3
Local da análise	Inclusões/reliíquias (?) em PbS					grão grosseiro (1) - zona escura (centro)	grão grosseiro (1) - zona clara (bordo)	grão grosseiro (2) - zona escura (centro)	grão grosseiro (2) - zona clara (bordo)	grão grosseiro (3) - zona escura (centro)	grão grosseiro (3) - zona clara (centro)	grão grosseiro (3) - zona clara (bordo)	massa fracturada (fracturas seladas por galena e, ocasionalmente, sulfossais de Cu-As)	inclusão em sph (bordo)	inclusão em sph (centro)	Grãos "framboidais", em contacto com sph, com fracturas intergranulares seladas por galena (?) e, ocasionalmente, sulfossais de Cu-As (?)					grãos grosseiros individuais						Grãos "framboidais", com fracturas intergranulares seladas por galena		grãos grosseiros euédricos	
Percentagem em peso																														
Sb	0.000	0.010	0.000	0.013	0.000	0.000	0.006	0.020	0.000	0.008	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.025	0.001	0.010	0.040	0.017	0.022	0.000	0.057
As	0.137	0.286	1.098	2.651	1.100	0.007	1.122	0.013	1.553	0.034	0.055	1.508	0.026	1.420	3.482	1.410	0.006	0.040	0.025	2.542	2.565	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.126	0.451	0.059	1.494
Mn	0.044	0.000	0.001	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000	0.014	0.001	0.032	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.020	0.005	
Fe	45.435	46.398	45.840	45.361	46.152	47.020	45.812	47.038	46.085	47.152	47.262	46.634	46.968	46.324	45.326	46.010	47.075	47.120	47.057	46.476	46.159	46.644	46.798	47.113	46.993	46.960	45.922	47.206	46.795	46.400
S	52.700	53.204	52.876	51.297	52.107	53.677	52.965	53.607	52.822	53.609	54.021	52.106	53.664	52.276	50.236	51.854	52.320	52.503	52.279	50.459	50.603	52.680	52.562	52.533	52.788	52.457	51.683	51.632	52.170	51.033
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
Sn	0.011	0.012	0.000	0.008	0.006	0.000	0.042	0.000	0.000	0.000	0.010	0.020	0.036	0.012	0.025	0.012	0.000	0.019	0.000	0.000	0.014	0.008	0.000	0.000	0.015	0.008	0.000	0.015	0.000	0.000
Cu	0.070	0.025	0.061	0.094	0.069	0.098	0.029	0.028	0.027	0.041	0.017	0.048	0.048	0.083	0.052	0.086	0.054	0.054	0.007	0.028	0.033	0.024	0.042	0.049	0.048	0.041	0.029	0.134	0.077	0.354
In	0.000	0.000	0.000	0.019	0.018	0.019	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.000	0.042	0.014	0.021	0.000	0.000	0.040	0.006	0.000	0.036	0.000	0.036	0.001	0.000	0.061	0.000	0.000
Se	0.022	0.016	0.020	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.038	0.000	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.045	0.006	0.009	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000
Ag	0.004	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.072	0.019	0.034	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.009	0.028	0.000	0.033	0.000	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.000	0.000
Co	0.092	0.090	0.105	0.076	0.094	0.055	1.203	0.063	0.406	0.047	0.226	0.077	0.062	0.062	0.082	0.075	0.050	0.056	0.068	0.081	0.040	0.095	0.088	0.083	0.070	0.074	0.836	0.053	0.187	0.102
Ni	0.032	0.006	0.000	0.012	0.021	0.007	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.021	0.000	0.000	0.000	0.003	0.063	0.011	0.000	0.042	0.000	0.000	0.000
Pb	1.245	0.000	0.172	0.206	0.071	0.000	0.073	0.046	0.096	0.050	0.008	0.034	0.013	0.015	0.000	0.000	0.002	0.107	0.056	0.000	0.022	0.010	0.000	0.127	0.026	0.024	0.000	0.035	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.105	0.000	0.000	0.157	0.000	0.000	0.000	0.067	0.055	0.060	0.056	0.000	0.000	0.000	2.200	2.025	0.000	0.000	0.109	0.000	0.075	0.020	0.011	0.108	0.037	0.073	0.000	0.000	0.055	0.015
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000	0.008	0.000	0.000	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038
Au	0.801	0.000	0.000	0.000	0.322	0.000	0.062	0.094	0.189	0.164	0.110	0.272	0.141	0.170	0.803	0.745	0.000	0.079	0.124	0.071	0.171	0.000	0.015	0.378	0.000	0.256	0.015	0.122	0.000	0.229
Total	100.698	100.047	100.173	99.902	100.009	100.890	101.337	101.048	101.279	101.240	101.765	100.785	101.085	100.401	102.270	102.241	99.593	100.033	99.795	99.697	99.763	99.481	99.625	100.461	100.043	99.934	98.675	99.769	99.384	99.727
Distribuições iónicas																														
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	
As	0.002	0.005	0.018	0.043	0.018	0.000	0.018	0.000	0.025	0.001	0.001	0.024	0.000	0.023	0.058	0.023	0.000	0.001	0.000	0.042	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007	0.001	0.025
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.989	0.999	0.987	0.993	1.008	1.006	0.984	1.007	0.989	1.010	1.004	1.015	1.005	1.006	1.006	1.007	1.033	1.030	1.033	1.035	1.025	1.017	1.022	1.030	1.022	1.028	1.019	1.046	1.030	1.031
S	1.998	1.995	1.982	1.957	1.982	2.000	1.982	2.000	1.975	1.999	1.999	1.975	2.000	1.977	1.942	1.977	2.000	1.999	2.000	1.958	1.958	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.998	1.992	1.999	1.975
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001	0.007
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000

Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.024	0.001	0.008	0.001	0.005	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.018	0.001	0.004	0.002	
Ni	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	
Pb	0.007	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Zn	0.002	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.042	0.038	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Au	0.005	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.005	0.005	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	
total cat	1.009	1.002	0.991	1.002	1.015	1.009	1.011	1.012	1.002	1.015	1.011	1.021	1.010	1.011	1.057	1.053	1.037	1.035	1.039	1.039	1.031	1.020	1.026	1.039	1.026	1.033	1.038	1.052	1.037	1.042	
total S	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	

Unidade Litostratigráfica - Lenticula Mineralizada	Subgrupo Xisto-Gresoso - Lenticula I																																		
Lâmina	M-105-4																																		
Referência	b1			b2						b3							b4					b5						b6							
Análise	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8
Local da análise	em grão anédrico, disseminado, polisulfuretado, com cpy, bn, eng e tnt			grão euédrico no seio de grão polisulfuretado com cpy, bn e eng		pequenos grãos (reliquias?) no seio do grão polisulfuretado			pequeno grão dissemina do na matriz	grão subédrico, em contacto com cpy		grãos disseminados na matriz					grãos disseminados na matriz			reliqui a no seio de cpy	grão anédrico polisulfuretado, dissemindado, com cpy, bn e tnt			grãos subédricos disseminados na matriz			grão inclus o em cpy	grãos disseminados na matriz			grãos ao longo de fractura discreta				
Percentagem em peso																																			
Sb	0.040	0.032	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000	0.015	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.012	0.030	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.015	0.355	0.000	0.000	0.036	0.025	0.008	0.014	0.000	0.034	0.019	0.000	0.000	0.000	0.077	0.018	0.003	0.018	0.043	0.000	0.000	0.034	0.000	0.013	0.000	0.015	0.040	0.000	0.013	0.009	0.036	0.015	0.000
Mn	0.000	0.000	0.023	0.004	0.000	0.000	0.001	0.040	0.004	0.022	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000	0.036	0.000	0.000	0.007	0.007	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.004	0.018	0.039	0.000	0.045	0.022	0.001	0.006	0.000
Fe	46.438	46.555	46.022	46.898	46.765	45.311	45.518	45.301	45.893	46.688	46.623	46.387	46.915	47.050	46.866	46.812	46.775	46.430	46.469	46.585	45.802	47.076	47.020	46.805	46.693	46.721	46.521	46.637	47.000	46.903	46.995	46.830	46.854	47.135	46.838
S	52.999	53.310	53.631	52.826	52.967	53.293	52.005	53.553	52.944	53.234	53.447	52.739	53.646	53.388	53.765	53.518	53.063	53.233	52.939	52.812	53.009	53.148	52.934	53.293	52.514	52.710	53.003	52.500	52.793	52.787	52.894	52.966	52.727	52.825	52.972
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	
Sn	0.007	0.045	0.000	0.061	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.044	0.000	0.022	0.060	0.015	0.000	0.007	0.046	0.000	0.000	0.035	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.027	0.007	0.019
Cu	0.547	0.669	0.609	0.268	0.204	2.280	0.860	1.880	0.365	0.334	0.050	0.012	0.001	0.000	0.000	0.017	0.041	0.078	0.034	0.029	1.632	0.000	0.158	0.175	0.000	0.005	0.000	0.389	0.040	0.000	0.022	0.115	0.047	0.043	0.000
In	0.029	0.000	0.000	0.008	0.000	0.027	0.000	0.021	0.074	0.000	0.000	0.013	0.070	0.025	0.000	0.037	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.040	0.037	0.029	0.000	0.000	0.023	0.000	0.015	0.021	0.000	0.058	0.004	0.083
Se	0.000	0.000	0.025	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.016	0.008	0.000	0.059	0.000	0.036	0.022	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.014	0.035	0.016	0.043	0.014	0.016	0.002
Ag	0.010	0.000	0.010	0.005	0.000	0.000	0.015	0.016	0.000	0.043	0.000	0.000	0.008	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.021	0.000	
Co	0.067	0.071	0.082	0.077	0.087	0.113	0.074	0.112	0.080	0.063	0.042	0.080	0.073	0.083	0.059	0.062	0.101	0.065	0.097	0.105	0.185	0.063	0.070	0.049	0.066	0.097	0.055	0.089	0.061	0.073	0.056	0.077	0.073	0.094	0.064
Ni	0.054	0.029	0.000	0.000	0.008	0.004	0.000	0.000	0.000	0.022	0.032	0.000	0.000	0.086	0.013	0.014	0.098	0.028	0.049	0.039	0.053	0.000	0.048	0.000	0.000	0.018	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.053	0.000	0.000	0.014
Pb	0.087	0.000	0.079	0.006	0.011	0.059	0.020	0.000	0.000	0.000	0.092	0.047	0.011	0.054	0.000	0.015	0.044	0.000	0.000	0.031	0.000	0.061	0.105	0.100	0.060	0.000	0.035	0.050	0.025	0.153	0.000	0.147	0.000	0.000	0.045
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Zn	0.000	0.023	0.033	0.000	0.000	0.000	0.003	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048	0.084	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.012	0.049	0.000	0.065	0.031	0.000	0.019	0.000	0.017	0.000	0.060	0.126	0.000	0.002	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000	0.015	0.014	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.642	0.182	0.113	0.301	0.451	0.253	0.124	0.118	0.016	0.459	0.000	0.000	0.016	0.000	0.260	0.000	0.064	0.000	0.132	0.400	0.773	0.457	0.000	0.174	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.443	0.309	0.135	0.000
Total	100.278	101.376	100.757	100.668	100.343	101.538	98.821	101.139	99.494	100.480	100.760	99.422	100.914	100.842	100.703	100.866	100.265	99.952	99.648	99.801	101.169	101.170	100.834	100.581	99.579	99.594	99.677	99.749	100.041	99.966	100.122	100.918	100.158	100.303	100.037
Distribuições iónicas																																			
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	1.006	1.003	0.985	1.017	1.014	0.976	1.005	0.971	0.995	1.007	1.002	1.010	1.004	1.012	1.001	1.004	1.012	1.001	1.008	1.013	0.992	1.017	1.020	1.008	1.021	1.018	1.008	1.020	1.022	1.020	1.020	1.015	1.020	1.025	1.015
S	2.000	2.000	1.999	1.994	2.000	2.000	1.999	1.999	2.000	2.000	2.000	1.999	2.000	2.000	2.000	2.000	1.999	2.000	2.000	2.000	1.999	2.000	2.000	1.999	2.000	1.999	2.000	2.000	1.999	2.000	2.000	2.000	1.999	2.000	2.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Sn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	

Cu	0.010	0.013	0.011	0.005	0.004	0.043	0.017	0.035	0.007	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.031	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Co	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001
Ni	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Pb	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Zn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Au	0.000	0.004	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.005	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.001	0.000
total cat	1.020	1.022	1.001	1.025	1.022	1.025	1.025	1.012	1.006	1.017	1.008	1.013	1.009	1.018	1.002	1.010	1.018	1.006	1.012	1.018	1.031	1.024	1.029	1.015	1.025	1.020	1.010	1.031	1.026	1.023	1.024	1.028	1.026	1.029	1.018
total S	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	

Bornite

Unidade - Lenticula Mineralizada	Formação C5b - Lenticula C1																	
Lâmina	M-102-12														M-105-10			
Referência	b2_born														b1_born			
Análise	1	2	3	4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	1	2	3	4
Local da análise	Fase arroxeada ntercrescida com cpy e cct														Fase arroxeada a ser substituida por calcocite			
Percentagem em peso																		
Sb	0	0.007	0.035	0.018	0	0.018	0	0	0.009	0	0	0.018	0	0	0.031	0.002	0	0
As	0	0.004	0.002	0	0	0	0	0.021	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0
Mn	0	0.029	0.023	0	0	0.033	0.016	0	0.018	0.019	0.011	0.005	0	0	0.04	0.023	0.008	0.01
Fe	11.16	12.818	11.303	11.253	11.216	11.34	11.156	11.488	11.016	11.501	14.842	11.447	13.057	13.319	11.187	11.392	11.474	11.251
S	25.163	24.271	25.49	25.436	25.567	25.633	25.405	25.589	25.492	25.687	27.823	25.481	25.116	24.781	25.081	25.065	25.126	24.977
Ge	0	0	0	0	0.003	0	0	0	0	0.002	0	0.055	0.019	0	0	0	0	0
Sn	0.023	0.021	0.011	0.04	0.102	0.038	0	0	0	0.06	0	0.034	0	0	0.003	0	0	0.046
Cu	62.556	60.014	62.971	62.459	62.843	62.783	62.474	62.537	61.583	59.874	54.082	61.567	59.634	59.829	62.929	63.549	63.017	63.28
In	0.029	0	0	0	0	0	0	0.013	0	0.058	0.045	0.036	0	0.014	0	0.023	0	0
Se	0	0.009	0.041	0	0	0	0	0.014	0.019	0	0	0.001	0	0.012	0	0	0	0.006
Ag	0.055	0.01	0	0.007	0	0	0.019	0.012	0.037	0.079	0	0.004	0.089	0.036	0	0	0.027	0.035
Co	0.031	0	0.028	0.007	0.01	0.025	0.036	0.009	0.015	0.007	0.033	0	0.019	0	0.014	0.02	0.014	0.027
Ni	0.015	0	0	0	0	0.009	0	0.038	0	0.013	0.028	0	0	0.003	0	0	0.034	0
Pb	0	0.025	0.026	0.054	0	0	0	0	0.05	0.023	0.075	0.102	0.044	0	0	0	0	0
Bi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0.099	0.041	0.063	0	0.057	0	0.073	0.055	0.049	0.074	0.015	0.072	0.079	0.109	0.068	0.18	0	0.037
Cd	0.009	0.006	0	0.037	0	0.04	0.012	0	0	0.022	0	0	0.015	0	0	0	0	0.008
Au	0.273	0	0	0	0.287	0.399	0.685	0	0.655	0.252	0.186	0.096	0	0.451	0	0	0.363	0.068
Total	99.413	97.255	99.993	99.311	100.085	100.318	99.876	99.776	98.943	97.671	97.141	98.918	98.072	98.554	99.353	100.254	100.063	99.745
Distribuições iônicas																		
Sb	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.006	0.003	0.001	0.001
Fe	1.019	1.213	1.018	1.016	1.008	1.016	1.009	1.031	0.992	1.028	0.919	1.032	1.194	1.234	1.536	1.566	1.573	1.552
S	4.000	3.999	3.998	3.999	4.000	3.999	4.000	3.999	4.000	4.000	3.000	3.999	4.000	4.000	5.998	6.000	6.000	6.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.001	0.001	0.000	0.002	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
Cu	5.018	4.990	4.984	4.955	4.961	4.943	4.963	4.931	4.876	4.705	2.942	4.876	4.792	4.873	7.594	7.676	7.593	7.670
In	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000
Se	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Ag	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.002	0.002

Co	0.003	0.000	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.003	0.002	0.004
Ni	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000
Pb	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.008	0.003	0.005	0.000	0.004	0.000	0.006	0.004	0.004	0.006	0.001	0.006	0.006	0.009	0.008	0.021	0.000	0.004
Cd	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Au	0.007	0.000	0.000	0.000	0.007	0.010	0.018	0.000	0.017	0.006	0.003	0.002	0.000	0.012	0.000	0.000	0.014	0.003
total cat	6.060	6.212	6.015	5.977	5.986	5.978	6.001	5.972	5.895	5.759	3.872	5.925	6.001	6.131	9.145	9.270	9.190	9.241
total S	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	3.000	4.000	4.000	4.000	6.000	6.000	6.000	6.000

Unidade - Lenticula Mineralizada	Subgrupo Xisto-Gresoso - Lenticula I																					
Lamina	M-105-4																					
Referência	b1_born							b2_born					b3_born			b5_born						
Análise	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7
Local da análise	Fase acastanhada em grão polisulfuretado anédrico, disseminado, com py, cpy e tnt							Fase acastanhada em grão polisulfuretado anédrico, disseminado, com py, cpy e eng					Fase arroxeada em grão polisulfuretado anédrico, disseminado, com cpy e tnt			Fase arroxeada em grão polisulfuretado anédrico, disseminado, com py, cpy e tnt						
Percentagem em peso																						
Sb	0	0	0	0	0.013	0.006	0	0	0.029	0.005	0.002	0.014	0.023	0	0.028	0	0	0	0	0	0.045	0
As	0	0	0.758	0	0	0	0.007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002	0	0	0
Mn	0.002	0	0.013	0	0	0.015	0	0	0.015	0.01	0	0.01	0.023	0.039	0	0.004	0	0	0	0	0	0.032
Fe	11.783	12.583	11.756	11.937	11.919	11.808	12.108	11.506	11.389	11.445	11.436	11.52	11.325	11.428	11.212	11.54	12.609	11.965	15.474	11.54	12.577	11.955
S	26.209	26.629	26.058	26.313	26.101	25.898	26.084	26.394	26.169	26.39	26.236	26.363	25.954	25.806	26.155	25.771	26.069	25.778	26.794	25.768	25.949	25.672
Ge	0	0	0.009	0.033	0	0	0.019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.019	0	0	0
Sn	0	0.071	0	0.016	0.004	0.009	0	0	0.022	0	0	0	0	0.02	0	0	0	0	0.014	0	0	0
Cu	61.319	59.376	60.423	61.94	61.787	61.647	60.948	61.52	62.197	62.157	62.182	62.212	62.458	62.938	62.256	62.552	61.149	62.169	59.29	62.933	60.995	62.29
In	0	0.03	0.05	0	0.012	0.003	0	0.055	0.035	0	0	0.021	0	0	0	0.02	0	0	0.051	0	0	0.01
Se	0.016	0.015	0.035	0.014	0	0	0	0.032	0.016	0.079	0.028	0	0.003	0.003	0.002	0	0	0.02	0	0	0.024	0
Ag	0.029	0	0.02	0	0	0.003	0.048	0	0.004	0.056	0.02	0.01	0.036	0.011	0	0.008	0.091	0.025	0.018	0.005	0.031	0.022
Co	0.01	0.023	0.056	0.013	0.018	0.029	0.016	0.013	0.005	0.025	0.023	0.041	0.039	0.028	0.046	0.047	0.005	0.006	0.033	0.017	0.041	0.018
Ni	0	0.008	0	0	0	0	0.047	0	0	0	0	0	0.03	0	0.001	0	0.017	0.011	0.005	0	0	0
Pb	0	0.094	0.03	0.026	0.038	0.07	0.018	0	0	0.013	0.003	0.033	0	0.053	0.146	0	0	0.035	0.078	0.004	0.014	0
Bi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0.096	0	0.136	0.038	0	0.118	0.008	0.026	0	0.075	0.021	0.029	0.115	0.037	0.071	0.1	0.08	0.081	0.023	0.052	0	0.025
Cd	0	0.053	0	0	0	0.042	0.043	0.031	0	0.022	0	0.055	0	0	0	0.021	0	0	0	0.03	0.006	0
Au	0	0.175	0.279	0	0.452	0	0.231	0.379	0.025	0	0.32	0	0	0.304	0.284	0.527	0	0	0.081	0.104	0	0.454
Total	99.464	99.057	99.623	100.330	100.344	99.648	99.577	99.956	99.906	100.277	100.271	100.308	100.006	100.667	100.201	100.590	100.020	100.090	101.882	100.453	99.682	100.478
Distribuições iônicas																						
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
As	0.000	0.000	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
Fe	1.033	0.814	0.768	1.042	1.049	1.047	1.066	1.001	0.999	0.996	1.001	1.003	1.002	1.017	0.984	1.028	1.111	1.066	1.326	1.029	1.113	1.070
S	4.000	3.000	2.963	4.000	3.999	4.000	4.000	4.000	3.999	4.000	4.000	3.999	3.999	4.000	3.999	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	3.998	4.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Cu	4.722	3.375	3.467	4.751	4.777	4.804	4.716	4.705	4.796	4.754	4.784	4.762	4.856	4.923	4.803	4.899	4.734	4.868	4.466	4.929	4.742	4.897
In	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Se	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000
Ag	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.004	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001

[illegible]

Sulfuretos de Cu

Formação-Lentícula Mineralizada	Lentícula B																											
Sondagem - Lâmina delgada	M-73B-7a																				M-102-14		M-102-17					
Referência	b1_calc					b2_calc							b3_calc					b4_calc				b1_calc	b1_calc					
Análise	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	1	2	4	5	2	4	5	6	3	1	2	3	4	5	6	
Termo	Djurleite	Calcocite	Djurleite	Djurleite	Digenite	Anilite	Digenite	Anilite	Anilite	Anilite	Digenite	Anilite	Spionkopite	Yarrowite	Spionkopite	Spionkopite	Spionkopite	Spionkopite	Digenite	Digenite	Covelite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Djurleite	
Local da análise	Veio de "calcocite" (fase azul acinzentado)					fases com diferentes tonalidades de azul a selar fracturas em py, com h-Fe							fase azul forte, previamente idêntificada como covelite, a selar fracturas em py, com h-Fe				fases com diferentes tonalidades de azul, em fractura com py e h-Fe				fase azul forte, previamente idêntificada como covelite, a selar fracturas em py, com h-Fe	fase azulada no seio de Cu nativo			fase azulada no seio de h-Fe			
Percentagem em peso																												
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.030	0.000	0.045	0.000	0.066	0.034	0.106	0.000	0.013	0.006	0.000	0.035	0.000	0.024	0.050	
As	0.032	0.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Mn	0.041	0.000	0.017	0.058	0.083	0.021	0.012	0.034	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.037	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.017	0.008
Fe	0.023	0.031	0.047	0.153	1.982	0.267	0.641	0.330	0.241	0.550	0.163	0.449	2.560	1.095	0.372	1.345	10.569	9.885	5.607	4.675	1.162	0.039	0.034	0.012	0.073	0.315	0.154	
S	20.622	20.001	20.689	20.629	20.806	22.820	22.067	23.097	23.076	22.807	21.927	22.508	26.532	27.713	27.343	27.923	24.967	25.967	19.865	21.036	32.606	19.738	19.928	19.977	20.133	20.106	20.541	
Ge	0.000	0.013	0.041	0.032	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.037	0.070	0.000	0.000	0.000	0.073	0.000	0.026	0.013	0.000	0.000	0.000		
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.000	0.164	0.112	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.059	
Cu	78.620	79.968	78.221	78.519	73.101	77.427	77.381	75.879	76.819	77.553	78.325	78.278	70.412	66.675	71.888	71.112	60.131	56.066	67.653	67.685	65.729	79.358	79.198	79.458	79.184	77.797	75.842	
In	0.000	0.000	0.000	0.059	0.003	0.045	0.095	0.000	0.000	0.000	0.000	0.054	0.000	0.053	0.066	0.109	0.000	0.000	0.049	0.066	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.027		
Se	0.045	0.000	0.000	0.089	0.031	0.040	0.000	0.000	0.060	0.032	0.028	0.000	0.003	0.020	0.078	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	
Ag	0.019	0.010	0.106	0.197	0.000	0.034	0.030	0.000	0.041	0.036	0.028	0.044	0.000	0.152	0.064	0.069	0.078	0.029	0.038	0.029	0.168	0.028	0.019		0.038	0.026	0.017	
Co	0.000	0.013	0.058	0.000	0.010	0.000	0.031	0.016	0.000	0.003	0.000	0.027	0.000	0.002	0.051	0.000	0.079	0.039	0.017	0.015	0.003	0.000	0.000	0.028	0.002	0.003		
Ni	0.007	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.000	0.000	0.000		
Pb	0.000	0.195	0.204	0.000	0.000	0.062	0.078	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.298	0.146	0.387	0.000	0.126	0.168	0.034	0.023	0.091	0.023	0.000		
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.011	0.000	0.142	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Zn	0.125	0.065	0.000	0.000	0.080	0.051	0.000	0.000	0.118	0.004	0.063	0.052	0.000	0.051	0.000	0.000	0.076	0.000	0.000	0.191	0.051	0.000	0.105	0.099	0.045	0.180	0.143	
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.000	0.034	0.021	0.000	0.000	0.031	0.000	0.024	0.000	0.075	0.039	0.092	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.024	0.000	0.034	
Au	0.000	0.417	0.674	0.000	0.000	0.207	0.775	0.439	0.176	0.080	0.064	0.097	0.000	0.000	0.456	0.470	0.000	0.000	0.000	0.321	0.372	0.268	0.068	0.413	0.000	0.534		
Total	99.534	100.852	100.057	99.736	96.154	101.019	101.114	99.836	100.572	101.082	100.629	101.540	99.597	95.822	100.453	101.684	96.188	92.722	93.475	94.291	100.274	99.497	99.425	100.181	99.552	99.029	96.884	
Distribuições iônicas																												
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	
As	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Mn	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	
Fe	0.001	0.001	0.001	0.004	0.055	0.007	0.017	0.008	0.006	0.014	0.004	0.011	0.055	0.023	0.008	0.028	0.243	0.219	0.162	0.128	0.020	0.001	0.001	0.000	0.002	0.009	0.004	
S	0.999	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	
Ge	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	
Cu	1.922	2.013	1.908	1.921	1.773	1.712	1.769	1.658	1.680	1.715	1.802	1.755	1.339	1.214	1.326	1.285	1.214	1.089	1.715	1.624	1.017	2.029	2.005	2.006	1.985	1.952	1.862	
In	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

[illegible]

Formação-Lenticula Mineralizada	Lenticula C1																	
Sondagem - Lâmina delgada	M-73B-4							M-102-12										
Referência	b1_calc			b2_calc				b2_born			b2_calc						b3_calc	
Análise	1	2	3	1	2	3	4	6	7	8	1	2	3	4	5	6	1	2
Termo	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Digenite	Digenite	Djurleit	Calcocite	Digenite	Djurleit	Anilite	Anilite	Djurleit	Calcocite	Calcocite
Local da análise	fase cinzento-claro, envolvendo pseudomorfofos de h-Fe depois de py							fase azul-esverdeado intercrecida com bn, na zona de alteração mais avançada			Fase azulada intercrecida com bn na zona de alteração mais avançada			Fase azulada intercrecida com bn na zona de alteração intermédia			Fase azulada com Cu nativo	
Percentagem em peso																		
Sb	0.060	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042	0.037	0.011	0.000	0.004	0.000	0.033	0.015
As	0.016	0.000	0.011	0.117	0.000	0.001	0.022	0.000	0.000	0.000	0.099	0.055	0.000	0.016	0.000	0.023	0.020	0.000
Mn	0.000	0.018	0.000	0.000	0.012	0.029	0.000	0.000	0.000	0.018	0.004	0.008	0.046	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000
Fe	0.060	0.000	0.000	0.055	0.010	0.019	0.237	1.052	3.299	0.625	12.783	2.977	2.879	5.983	6.019	1.836	0.020	0.012
S	19.995	20.253	20.108	20.257	20.085	20.229	20.232	21.338	21.899	21.353	18.444	20.979	21.263	22.763	22.878	21.391	19.824	20.075
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
Sn	0.039	0.026	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.073	0.002	0.000	0.000	0.000
Cu	80.505	80.982	80.832	80.230	80.829	80.505	80.292	77.321	74.450	78.507	69.236	71.882	77.328	71.870	71.980	77.664	80.319	80.653
In	0.005	0.048	0.028	0.032	0.000	0.000	0.000	0.026	0.023	0.014	0.014	0.025	0.039	0.028	0.000	0.000	0.061	0.000
Se	0.044	0.040	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.054	0.001	0.000	0.018	0.023	0.000	0.011	0.005	0.007	0.006
Ag	0.079	0.035	0.045	0.046	0.021	0.028	0.036	0.026	0.034	0.000	0.070	0.059	0.046	0.073	0.042	0.000	0.016	0.000
Co	0.000	0.008	0.021	0.003	0.016	0.000	0.010	0.000	0.000	0.004	0.031	0.023	0.028	0.031	0.018	0.000	0.000	0.000
Ni	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.012	0.000	0.009	0.000	0.000	0.008
Pb	0.005	0.000	0.042	0.136	0.000	0.037	0.008	0.002	0.000	0.072	0.103	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.025
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.043	0.147	0.000	0.080	0.074	0.000	0.060	0.051	0.063	0.000	0.000	0.090	0.085	0.000	0.064	0.109	0.131	0.025
Cd	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.002	0.011	0.043	0.013	0.000	0.026	0.019	0.047	0.008
Au	0.348	0.000	0.000	0.120	0.000	0.319	0.000	0.514	0.332	0.000	0.002	0.000	0.000	0.089	0.207	0.245	0.040	0.064
Total	101.207	101.557	101.168	101.082	101.054	101.195	100.897	100.330	100.165	100.596	100.858	96.201	101.773	100.926	101.260	101.324	100.518	100.898
Distribuições iônicas																		
Sb	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.007	0.028	0.086	0.017	0.397	0.081	0.078	0.151	0.151	0.049	0.001	0.000
S	0.999	1.000	1.000	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.997	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	2.029	2.018	2.028	1.993	2.031	2.008	2.002	1.828	1.715	1.855	1.889	1.726	1.835	1.593	1.588	1.831	2.043	2.027
In	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Se	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.001	0.004	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.002	0.003	0.001
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Au	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001
total cat	2.038	2.024	2.031	2.000	2.034	2.013	2.011	1.863	1.808	1.873	2.289	1.813	1.919	1.747	1.743	1.886	2.049	2.029
total S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Formação-Lenticula Mineralizada	Lenticula C1																	
Sondagem - Lâmina delgada	M-105-9									M-105-10								
Referência	calcm			calcreg			calcrend			b1_calc						b1_calc2		
Análise	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	3	4
Termo	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Djurleit	Djurleit	Djurleit	Calcocite	Calcocite	Calcocite
Local da análise	massa azul-acinzentado em veio mineralizado, com fissuras e micro-fissuras seladas por h-Fe			grãos azul-acinzentados +/- individualizados em veio mineralizado com fissuras e micro-fissuras seladas por h-Fe			fase azul-acinzentada, rendilhada, em veio mineralizado com microfissuras seladas por h-Fe			massa de "calcocite"	bordo de reação entre "calcocite" e bn		"calcocite" a substituir bn			"calcocite" na face externa ao grão grosseiro, euédrico, de Py	"calcocite" em fractura de grão grosseiro, euédrico, de py	
Porcentagem em peso																		
Sb	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.006	0.000	0.051	0.028	0.039	0.033	0.000	0.000	0.009
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.001	0.003	0.000	0.013	0.014	0.008	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000
Fe	0.000	0.024	0.029	0.059	0.548	0.039	0.545	1.453	0.729	0.115	9.405	1.611	0.400	1.018	0.138	1.731	2.579	2.960
S	20.148	20.403	20.189	19.941	19.861	19.998	20.266	20.160	20.123	20.228	17.177	20.251	20.734	20.640	20.720	19.992	19.926	20.025
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.050	0.005	0.000	0.015	0.045	0.008	0.014	0.005	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Cu	80.567	80.552	80.435	79.409	78.981	79.653	80.305	79.539	79.372	79.299	66.838	79.407	78.866	78.950	79.140	78.066	77.290	77.097
In	0.029	0.000	0.016	0.000	0.002	0.009	0.077	0.000	0.000	0.011	0.000	0.011	0.000	0.044	0.000	0.009	0.000	0.025
Se	0.030	0.011	0.000	0.010	0.041	0.000	0.020	0.030	0.024	0.013	0.017	0.017	0.052	0.000	0.000	0.002	0.004	0.000
Ag	0.000	0.009	0.012	0.010	0.000	0.000	0.012	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.009	0.000	0.010
Co	0.012	0.025	0.017	0.003	0.008	0.009	0.006	0.012	0.000	0.000	0.011	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.128
Ni	0.000	0.010	0.000	0.032	0.004	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.026	0.000	0.000	0.068	0.000	0.000	0.039	0.000	0.013	0.128	0.134	0.000	0.051	0.000	0.000	0.038	0.089	0.024
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.149		0.077	0.051	0.035	0.063	0.029	0.115	0.143	0.081	0.046	0.059	0.142	0.062	0.029	0.000	0.044	0.040
Cd	0.011	0.000	0.000	0.033	0.060	0.000	0.000	0.035	0.058	0.011	0.004	0.000	0.000	0.005	0.021	0.000	0.000	0.000
Au	0.184	0.207	0.000	0.227	0.206	0.000	0.385	0.000	0.347	0.525	0.307	0.239	0.392	0.000	0.318	0.686	0.305	0.000
Total	101.157	101.244	100.825	99.893	99.760	99.794	101.736	101.361	100.844	100.422	93.939	101.675	100.726	100.824	100.399	100.544	100.261	100.320
Distribuições iônicas																		
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.001	0.001	0.002	0.016	0.001	0.015	0.041	0.021	0.003	0.314	0.046	0.011	0.028	0.004	0.050	0.074	0.085
S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	2.018	1.992	2.010	2.009	2.007	2.010	1.999	1.991	1.990	1.978	1.963	1.977	1.919	1.929	1.926	1.970	1.957	1.942
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003
Ni	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.004	0.000	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.001	0.002	0.000	0.002	0.002	0.000	0.003	0.000	0.003	0.004	0.003	0.002	0.003	0.000	0.002	0.006	0.002	0.000
total cat	2.025	1.996	2.015	2.016	2.027	2.013	2.022	2.036	2.019	1.989	2.284	2.027	1.939	1.961	1.934	2.027	2.037	2.033
total S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Formação-Lentícula Mineralizada	Lentícula C2																				
Sondagem - Lâmina delgada	M-105-12																				
Referência	b1_born										b2_born		b2_calc			b1_filo					
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	6
Termo	Djurleite	Digenite	Digenite	Anilite	Djurleite	Djurleite	Djurleite	Digenite	Djurleite	Digenite	Digenite	Anilite	Djurleite	Djurleite	Djurleite	Anilite	Spionkopite	Geerite	Anilite	Geerite	Digenite
Local da análise	intercrescimentos de fases arroxeada e azul-esverdeado, no seio de uma massa cinzenta ("tenantítica") com micro-fissuras seladas por h-Fe. Domínio de alteração menos avançada.										fase arroxeada em pseudomorfoses de h-Fe depois de py. Domínio de alteração extrema.		reliquia de "calcocite" (fase azul-esverdeado) no domínio de alteração extrema			filonetes na massa cinzenta ("tenantítica")					
Percentagem em peso																					
Sb	0.041	0.007	0.000	0.000	0.018	0.016	0.000	0.040	0.013	0.000	0.000	0.023	0.000	0.006	0.014	0.026	0.013	0.000	0.000	0.000	0.005
As	0.053	0.000	0.000	0.657	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.145	0.293	0.623	2.995	2.315	1.229	1.745	0.000
Mn	0.041	0.000	0.000	0.000	0.020	0.018	0.000	0.000	0.035	0.041	0.000	0.000	0.009	0.013	0.180	0.000	0.000	0.005	0.039	0.000	0.000
Fe	1.805	0.549	0.154	0.270	0.478	0.114	0.159	0.314	0.250	0.255	5.402	3.476	0.384	0.366	2.034	0.438	0.070	0.160	0.348	0.487	0.277
S	21.287	21.490	21.894	21.891	21.279	21.145	21.061	21.608	21.349	21.945	20.373	22.972	20.753	20.547	20.184	21.883	23.713	22.721	21.374	21.531	21.207
Ge	0.032	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.030	0.000	0.029	0.014	0.045	0.007	0.013	0.073	0.026	0.014	0.000
Cu	77.281	78.077	77.508	77.256	78.842	78.723	79.144	77.810	79.179	78.394	68.748	75.116	79.642	78.885	76.885	76.178	68.512	74.369	75.074	72.016	78.195
In	0.014	0.000	0.013	0.000	0.016	0.027	0.001	0.011	0.020	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.022	0.007	0.010	0.000
Se	0.000	0.021	0.034	0.000	0.016	0.015	0.000	0.034	0.000	0.030	0.060	0.051	0.025	0.000	0.028	0.033	0.000	0.000	0.040	0.000	0.025
Ag	0.020	0.024	0.054	0.033	0.010	0.044	0.000	0.101	0.051	0.000	0.155	0.025	0.062	0.125	0.102	0.009	0.027	0.028	0.040	0.000	0.046
Co	0.002	0.000	0.000	0.011	0.000	0.002	0.000	0.028	0.000	0.027	0.018	0.022	0.004	0.006	0.000	0.005	0.024	0.036	0.004	0.026	0.000
Ni	0.022	0.003	0.000	0.005	0.045	0.026	0.013	0.000	0.000	0.000	0.015	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030
Pb	0.039	0.032	0.086	0.059	0.013	0.022	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000	0.048	0.031	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.156	0.145	0.099	0.172	0.064	0.123	0.052	0.068	0.037	0.048	0.119	0.076	0.122	0.095	0.036	0.246	1.447	0.620	0.377	0.154	0.037
Cd	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.036	0.046	0.030	0.000	0.000	0.000	0.016	0.026	0.069	0.024	0.044	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.265	0.355	0.076	0.517	0.121	0.000	0.000	0.060	0.000	0.000	0.129	0.172	0.251	0.035	0.037	0.801	0.000	0.368	0.000	0.372
Total	100.802	100.613	100.210	100.430	101.402	100.399	100.430	100.050	101.110	100.807	94.920	101.891	101.257	100.500	99.952	99.596	97.639	100.393	98.926	95.983	100.208
Distribuições iônicas																					
Sb	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.001	0.000	0.000	0.013	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.006	0.012	0.051	0.042	0.024	0.034	0.000
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe	0.049	0.015	0.004	0.007	0.013	0.003	0.004	0.008	0.007	0.007	0.152	0.087	0.011	0.010	0.057	0.011	0.002	0.004	0.009	0.013	0.007
S	0.998	1.000	1.000	0.987	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.997	0.994	0.988	0.949	0.958	0.976	0.966	1.000
Ge	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Cu	1.829	1.833	1.786	1.758	1.868	1.878	1.896	1.816	1.871	1.803	1.703	1.650	1.936	1.931	1.910	1.735	1.383	1.583	1.730	1.631	1.860
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

[illegible]

Formação-Lenticula Mineralizada	Formação C5b											
Sondagem - Lâmina delgada	M-103-3											
Referência	b1_calc				b2_calc				b2_bordo_calc			
Análise	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
Termo	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	Calcocite	
Local da análise	Massa de "calcocite" em veio mineralizado, circundada e substituída por h-Fe				Grãos +/- individualizados de "calcocite", a serem substituídos por h-Fe por intermédio de micro-fissuras			Bordo de reação entre os grãos +/- individualizados de "calcocite" e os h-Fe				
Percentagem em peso												
Sb	0.002	0.000	0.013	0.012	0.004	0.000	0.021	0.029	0.006	0.001	0.009	
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.057	0.008	0.000	0.001	
Mn	0.013	0.000	0.041	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.015	
Fe	0.009	0.018	0.005	0.000	1.161	5.400	1.707	0.564	5.959	6.519	5.061	
S	20.377	20.233	20.530	20.427	20.394	19.780	20.464	20.353	17.705	19.091	20.526	
Ge	0.006	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	
Sn	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000	0.000	0.038	0.022	0.004	0.000	0.016	
Cu	80.208	80.210	79.955	80.233	78.439	72.894	77.889	79.172	71.490	71.394	75.650	
In	0.024	0.046	0.044	0.014	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	
Se	0.000	0.020	0.000	0.003	0.000	0.035	0.013	0.000	0.016	0.025	0.093	
Ag	0.011	0.000	0.000	0.059	0.000	0.000	0.047	0.015	0.000	0.000	0.016	
Co	0.000	0.015	0.000	0.013	0.018	0.025	0.023	0.000	0.008	0.030	0.004	
Ni	0.000	0.001	0.012	0.000	0.014	0.034	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	
Pb	0.000	0.084	0.000	0.000	0.000	0.187	0.489	0.040	0.007	0.017	0.089	
Bi	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.066	0.000	0.000	
Zn	0.046	0.149	0.078	0.098	0.045	0.031	0.080	0.059	0.065	0.000	0.044	
Cd	0.000	0.009	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.037	
Au	0.353	0.334	0.065	0.120	0.000	0.348	0.387	0.000	0.209	0.040	0.384	
Total	101.049	101.119	100.816	101.009	100.130	98.734	101.158	100.311	95.587	97.152	101.999	
Distribuições iônicas												
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	
Mn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	
Fe	0.000	0.001	0.000	0.000	0.033	0.157	0.048	0.016	0.193	0.196	0.142	
S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	1.000	
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	
Cu	1.986	2.000	1.965	1.982	1.941	1.860	1.920	1.960	2.037	1.887	1.859	
In	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	
Ag	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Pb	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001	
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	
Zn	0.001	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000	0.001	
Cd	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	
Au	0.003	0.003	0.001	0.001	0.000	0.003	0.003	0.000	0.002	0.000	0.003	
total cat	1.991	2.009	1.971	1.987	1.976	2.024	1.979	1.978	2.237	2.085	2.010	
total S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Cu nativo

Unidade - Lenticula mineralizada	Formação C5b						A			C1				Lenticula C2																			
Lâmina	M-77A-3						M-102-9			M-105-9			M-102-12		M-102-17												M-103-3						
Referência	b5_Cu						b2_Cu			b2_Cu			b3_Cu		b1_Cu						b2_Cu									b7_Cu			
Análise	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4
Local da análise	Diferentes tonalidades de cinzento no mesmo grão (do + claro para o + escuro)			Cu arborescente			Microgrãos no seio da matriz meta-carbonatada			Em microfracturas intragranulares em calcocite			Massa de Cu com calcocite		Massa de Cu envolvendo pequenos grãos de calcocite e cuprite						bordo de grão isolado	centro de grão isolado		zona de tonalidad e + clara)	bordo de grão isolado		Zonas de tonalidade + clara			Em micro-fracturas discretas			
Percentagem em peso																																	
Sb	0.031	0	0	0	0	0	0	0.063	0.048	0.026	0.044	0.01	0	0.015	0.003	0	0	0	0.011	0.036	0.006	0.04	0.023	0	0.033	0	0.049	0	0	0	0.048	0	0
As	0	0.02	0	0.001	0	0	0	0.443	0.36	0	0	0	0	0	0	0.011	0	0	0	0	0.006	0	0	0	0	0	0	0.007	0	0	0	0	0
Mn	0	0.004	0	0	0	0.034	0.017	0.004	0	0.005	0.007	0	0	0.003	0	0	0	0	0.018	0	0	0	0.005	0.038	0.054	0	0	0.007	0	0.001	0.012	0.052	0.04
Fe	0.182	0.202	0.189	0.424	0.425	0.365	0.034	0.052	0.044	2.634	0.454	0.91	0.132	0.299	0.042	0.075	0.078	0.11	0.041	0.076	0.568	0.029	0.027	0.064	0.151	0.166	0.1	0.065	0.38	0.097	0.239	0.273	0.209
S	0.088	0.222	0.639	0.144	0.133	0.133	0	0.012	0.005	0.01	0.02	0.457	0	0.157	0.021	0	0	0	0	0	0.005	0.001	0	0.004	0	0	0.011	0	0.011	0.062	0.072	0.019	0.032
Ge	0	0	0	0.046	0	0	0	0.012	0	0	0	0.009	0	0.032	0	0	0.002	0.038	0	0	0	0	0	0	0.027	0	0.018	0.009	0	0	0.003	0	0
Sn	0	0	0	0	0	0	0	0	0.021	0.01	0	0.031	0	0	0	0.008	0.027	0.036	0.025	0.019	0.021	0.026	0	0.034	0	0.017	0.016	0	0	0	0	0.003	0.018
Cu	96.868	92.597	86.618	97.036	96.735	97.817	101.581	99.257	99.601	97.983	100.558	99.757	101.3	101.207	100.368	100.864	100.615	100.198	100.742	99.8	91.037	101.558	101.656	101.628	100.912	100.816	102.071	102.168	101.862	101.146	100.213	101.337	100.388
In	0	0.018	0.006	0	0	0.018	0.018	0	0.053	0.014	0.006	0.005	0	0.044	0.01	0.045	0	0.068	0.047	0.03	0.048	0	0.025	0	0	0	0	0	0	0	0	0.038	
Se	0.015	0.047	0	0.022	0.053	0	0	0	0	0.046	0	0	0.031	0	0	0	0.012	0	0	0.026	0	0	0	0	0.018	0.029	0	0	0.013	0	0.013	0.003	0
Ag	0	0.035	0.024	0.041	0.067	0	0	0.015	0.029	0	0	0	0.006	0.085	0.01	0.036	0.001	0.072	0	0.064	0.045	0.052	0	0.002	0	0	0	0	0	0.037	0.043	0.017	0.027
Co	0	0.006	0.012	0	0	0	0.007	0	0	0.03	0	0.011	0.007	0.002	0	0	0.012	0.026	0	0	0.013	0.01	0.005	0.002	0	0	0.02	0.039	0.004	0.001	0.014	0.026	0.013
Ni	0	0.018	0	0.013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pb	0	0	0.028	0	0.107	0.051	0	0	0	0	0.081	0.171	0.021	0.023	0.026	0.024	0	0.067	0	0	0	0.026	0	0	0	0.04	0.057	0	0	0	0	0	0
Bi	0	0.019	0	0	0.001	0	0.037	0.047	0	0.01	0.006	0.016	0.036	0.015	0	0	0.003	0.069	0	0.002	0.045	0	0	0.015	0.031	0.056	0.017	0.049	0	0.007	0.053	0.031	0
Zn	0.083	0.046	0.144	0.049	0.088	0.149	0.05	0.165	0	0.132	0.033	0.066	0.082	0.026	0.08	0.153	0.187	0.101	0.06	0.06	0.009	0.146	0.01	0.084	0.176	0.12	0.118	0.098	0.066	0	0.067	0.175	0.099
Cd	0.041	0.037	0.011	0	0	0.01	0.017	0	0	0	0	0.05	0.021	0	0	0.053	0	0.072	0	0	0.025	0.014	0	0.036	0	0	0	0.053	0.004	0	0.06	0	0.041
Au	0.079	0.27	0.467	0.49	0.224	0	0.201	0.235	0.15	0.173	0.455	0.157	0.414	0.254	0.123	0.189	0	0.09	0.117	0.456	0	0	0.239	0.306	0.108	0.329	0.192	0	0.307	0.027	0.199	0.077	0.406
Total	97.387	93.541	88.138	98.266	97.833	98.577	101.962	100.305	100.311	101.073	101.664	101.650	102.050	102.162	100.683	101.458	100.937	100.947	101.061	100.572	91.828	101.902	101.990	102.213	101.510	101.573	102.692	102.495	102.647	101.378	101.036	102.013	101.311

Calcopirite

[illegible]

Unidade Litostratigráfica - Lenticula Mineralizada	Lenticula I - Subgrupo Xisto-Gresoso																										
Lâmina	M-105-4																										
Referência	b1_cpy			b2_cpy					b3_cpy							b4_cpy			b5_cpy			b6_cpy					
Análise	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	6
Local da análise	Em grão anédrico poliminerálico disseminado, com py, bn, eng e tnt			Em grão anédrico polisulfuretoado, disseminado, com py, bn, e eng					Em grão anédrico polisulfuretoado, disseminado, com py, bn e tnt				Em grão anédrico disseminado, em contacto com py subédrica			Em grão disseminado, anédrico, com tnt			Em grão anédrico polisulfuretoado, disseminado, com py, bn e tnt			Em grãos anédricos disseminados, em contacto com tnt, ao longo de microfracturas discretas					
Percentagem em peso																											
Sb	0.011	0.000	0.035	0.000	0.008	0.000	0.003	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.070	0.000	0.020	0.000	0.008	0.000
As	0.099	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.017	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.021
Mn	0.012	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.073	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.010	0.008	0.000	0.006	0.046	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000	0.007
Fe	29.398	29.770	29.570	29.906	26.144	29.452	28.116	30.286	29.081	28.172	23.543	30.670	30.513	30.698	30.557	29.819	30.088	29.423	25.621	27.348	25.778	30.046	30.216	29.876	30.518	30.738	30.340
S	34.471	35.031	34.436	34.490	32.823	34.565	34.179	34.424	34.153	33.631	32.898	34.900	35.112	34.913	34.836	35.014	34.734	34.156	32.310	33.169	33.324	34.193	34.003	34.313	35.112	34.923	34.644
Ge	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.056	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.026	0.000	0.000	0.031	0.000	0.034	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.022
Cu	34.105	34.666	35.150	35.158	40.375	35.400	37.207	33.884	35.272	37.135	39.636	33.525	33.963	33.653	33.503	34.030	33.717	33.344	41.840	39.387	38.712	34.344	34.057	34.399	33.601	33.545	33.965
In	0.010	0.038	0.000	0.034	0.003	0.001	0.078	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.023	0.000	0.063	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000	0.091	0.046	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.022	0.038	0.040	0.000	0.009	0.024	0.041	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.003	0.018	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000
Ag	0.005	0.007	0.004	0.000	0.027	0.039	0.059	0.022	0.045	0.027	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.015		0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.027	0.015	0.025
Co	0.027	0.075	0.049	0.048	0.040	0.047	0.059	0.044	0.061	0.068	0.046	0.065	0.033	0.057	0.055	0.057	0.057	0.028	0.016	0.040	0.031	0.048	0.042	0.044	0.039	0.034	0.065
Ni	0.030	0.000	0.000	0.000	0.013	0.006	0.048	0.020	0.000	0.052	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000	0.006
Pb	0.020	0.092	0.000	0.071	0.000	0.008	0.044	0.071	0.000	0.000	0.052	0.014	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.037	0.014	0.000	0.000	0.000	0.073	0.047	0.000	0.000	0.082
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.049	0.015	0.044	0.037	0.002	0.000	0.104	0.044	0.093	0.090	0.036	0.000	0.004	0.000	0.100	0.079	0.190	0.060	0.001	0.000	0.149	0.081	0.049	0.002	0.000	0.125	0.006
Cd	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.013	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.016	0.040	0.041	0.000	0.000
Au	0.182	0.447	0.000	0.455	0.018	0.298	0.202	0.000	0.112	0.522	0.000	0.624	0.000	0.304	0.369	0.120	0.281	0.423	0.000	0.000	0.000	0.150	0.000	0.121	0.000	0.000	0.261
Total	98.475	100.154	99.320	100.244	99.536	99.816	100.134	98.860	98.872	99.728	96.346	99.868	99.625	99.688	99.486	99.175	99.158	97.592	99.840	99.980	98.083	98.932	98.594	98.989	99.339	99.404	99.444
Distribuições iônicas																											
Sb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Fe	0.978	0.976	0.986	0.996	0.914	0.978	0.945	1.010	0.978	0.962	0.822	1.009	0.998	1.009	1.007	0.978	0.995	0.989	0.911	0.947	0.888	1.009	1.020	1.000	0.998	1.011	1.005
S	1.997	2.000	1.999	2.000	1.999	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.999	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.999	2.000	2.000	2.000	2.000	1.999
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.997	0.999	1.030	1.029	1.241	1.034	1.099	0.993	1.042	1.114	1.216	0.969	0.976	0.972	0.970	0.981	0.980	0.985	1.307	1.198	1.172	1.013	1.011	1.012	0.966	0.969	0.989
In	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

[illegible]

Tenantite

[illegible]

Formação-Lenticula Mineralizada	Lenticula I																				
Sondagem - lâmina delgada	M-102-1a					M-105-4															
Referência	b2_izns	b5_cuas				b1_ten			b3_ten					b4_ten		b5_ten		b6_ten			
Análise	1	1	2	4	5	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	1	2	1	2	3	4
Local da análise	peque na inclusã o em sph	fase cinza-esverdeado, em grão anédrico disseminado, em contacto com gn e py				Fase cinzento-esverdeado em grão anédrico poliminerálico disseminado, com py, cpy, bn e eng			Fase cinzenta em grão anédrico disseminado, com cpy e bn			Fase cinzenta em grão anédrico disseminado, com cpy e bn		Fase cinzeta inclusa em grão anédrico disseminado de cpy		Fase cinzenta no bordo de grão anédrico, disseminado, com py, cpy e bn		Fase cinzenta em grãos anédricos disseminados, em contacto com cpy, ao longo de microfracturas discretas			
Percentagem em peso																					
Sb	0	0.115	0.148	0.09	0.961	0	0.045	0.017	0.046	0	0.033	0.012	0	0.013	0.045	0	0.034	0.05	0.022	0.04	0.038
As	19.529	19.308	19.303	19.298	19.04	18.37	19.407	18.882	18.242	18.568	19.295	19.217	19.387	18.92	19.383	19.195	19.085	19.88	19.572	19.62	19.715
Mn	0.116	0.113	0	0	0.027	0	0	0.014	0.004	0	0.014	0.013	0.023	0	0	0.017	0.009	0.016	0.012	0	0
Fe	3.298	1.789	2.268	1.798	1.242	3.437	2.709	3.895	3.527	3.09	2.805	3.001	2.797	4.128	3.924	2.976	2.866	3.707	3.373	3.096	3.534
S	28.217	28.003	28.428	28.411	27.704	28.267	28.466	28.5	28.187	28.451	28.308	28.425	28.293	28.877	28.837	28.329	28.23	28.05	28.075	27.938	27.722
Ge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn	0	0	0.007	0	0	0.009	0.005	0	0	0	0	0.001	0.045	0	0.018	0	0	0	0	0.007	0
Cu	40.457	43.057	43.469	43.349	43.056	48.32	47.055	46.764	48.559	48.019	47.937	48.175	48.389	47.726	47.587	47.404	47.556	48.152	48.082	48.491	48.255
In	0	0	0	0.005	0.012	0	0.029	0	0	0	0	0.035	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ag	0.264	0.044	0	0.055	0.008	0.038	0.031	0.005	0.033	0.062	0.055	0.011	0.007	0	0.026	0.032	0.043	0.051	0	0	0.03
Co	0.006	0	0.01	0	0.016	0.454	0.439	0.335	0.479	0.498	0.476	0.499	0.442	0.139	0.093	0.546	0.654	0.277	0.279	0.257	0.275
Ni	0	0	0.012	0	0.049	0.054	0.001	0	0	0.036	0.02	0.033	0	0.039	0	0	0	0	0.01	0	0
Pb	0.11	0.034	0.062	0.096	0	0	0	0.226	0.138	0.068	0.078	0	0	0	0	0	0.121	0.015	0.027	0.103	0.101
Bi	0	0	0	0	0.023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	8.579	6.412	6.373	6.481	6.866	1.41	1.591	0.97	1.31	1.44	1.264	1.171	1.017	0.198	0.22	0.958	0.982	0.297	0.288	0.158	0.115
Cd	0.063	0.035	0	0.045	0.183	0.002	0	0.019	0	0	0	0.027	0.003	0.004	0.005	0	0	0	0	0	0.006
Au	0.285	0.542	0.666	0.553	0	0.557	0.683	0	0.128	0.438	0	0	0	0.067	0	0.155	0.039	0	0	0.324	0.49
Total	100.924	99.452	100.746	100.181	99.187	100.918	100.461	99.627	100.653	100.670	100.285	100.620	100.403	100.111	100.138	99.612	99.619	100.495	99.740	100.034	100.281
Distribuições iónicas																					
Sb	0.000	0.014	0.018	0.011	0.119	0.000	0.005	0.002	0.006	0.000	0.004	0.001	0.000	0.002	0.005	0.000	0.004	0.006	0.003	0.005	0.005
As	3.851	3.836	3.778	3.779	3.824	3.616	3.793	3.686	3.601	3.631	3.792	3.761	3.812	3.645	3.740	3.770	3.761	3.943	3.879	3.907	3.957
Mn	0.031	0.031	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.004	0.003	0.006	0.000	0.000	0.005	0.002	0.004	0.003	0.000	0.000
Fe	0.872	0.477	0.596	0.472	0.335	0.908	0.710	1.020	0.934	0.811	0.740	0.788	0.738	1.067	1.016	0.784	0.758	0.986	0.897	0.827	0.952
S	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Cu	9.405	10.086	10.030	10.009	10.195	11.213	10.843	10.763	11.301	11.071	11.108	11.118	11.219	10.841	10.825	10.977	11.050	11.261	11.234	11.386	11.418
In	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.036	0.006	0.000	0.007	0.001	0.005	0.004	0.001	0.005	0.008	0.008	0.001	0.001	0.000	0.003	0.004	0.006	0.007	0.000	0.000	0.004
Co	0.002	0.000	0.002	0.000	0.004	0.114	0.109	0.083	0.120	0.124	0.119	0.124	0.110	0.034	0.023	0.136	0.164	0.070	0.070	0.065	0.070
Ni	0.000	0.000	0.003	0.000	0.013	0.014	0.000	0.000	0.000	0.009	0.005	0.008	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000
Pb	0.008	0.002	0.004	0.007	0.000	0.000	0.000	0.016	0.010	0.005	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.001	0.002	0.007	0.007
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	1.938	1.460	1.429	1.454	1.580	0.318	0.356	0.217	0.296	0.323	0.285	0.263	0.229	0.044	0.049	0.216	0.222	0.068	0.065	0.036	0.026
Cd	0.008	0.005	0.000	0.006	0.024	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Au	0.021	0.041	0.050	0.041	0.000	0.042	0.051	0.000	0.010	0.033	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.012	0.003	0.000	0.000	0.025	0.037
total cat	12.322	12.108	12.116	11.997	12.162	12.614	12.079	12.107	12.676	12.383	12.273	12.314	12.310	12.001	11.918	12.133	12.214	12.397	12.275	12.347	12.516
total (As,Sb)	3.851	3.850	3.796	3.790	3.943	3.616	3.799	3.688	3.606	3.631	3.796	3.763	3.812	3.647	3.745	3.770	3.766	3.949	3.881	3.912	3.961
total S	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000

Enargite

Formação-Lenticula Mineralizada	Lenticula I					
Sondagem-lâmina delgada	M-105-4					
Referência	b1_ten	b2_calc				
Análise	4	1	2	3	4	5
Local da análise	Em grão anédrico poliminerálico disseminado, com py, cpy, bn e tnt	Em grão anédrico poliminerálico disseminado, com py, cpy e bn				
Percentagem em peso						
Sb	0.054	0.039	0.021	0	0.026	0.022
As	17.49	17.547	17.295	17.742	17.797	18.031
Mn	0	0.003	0	0	0.031	0
Fe	1.998	0.682	1.112	1.03	0.766	0.618
S	32.512	33.105	32.688	32.367	32.351	31.848
Ge	0.035	0.084	0.03	0.021	0.048	0
Sn	0	0	0.033	0	0.06	0
Cu	47.299	48.528	48.218	48.48	48.223	47.154
In	0.06	0.037	0.016	0	0	0
Se	0	0	0	0	0	0
Ag	0.035	0.012	0.013	0	0	0
Co	0.027	0	0.049	0.009	0	0.004
Ni	0	0.016	0	0	0.014	0
Pb	0.006	0.074	0.078	0.092	0	0
Bi	0	0	0	0	0	0
Zn	0.001	0.108	0.134	0	0.034	0.058
Cd	0	0.028	0.052	0	0	0.038
Au	0.446	0.256	0.251	0.573	0.597	0
Total	99.963	100.519	99.990	100.314	99.947	97.773
Distribuições iônicas						
Sb	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
As	0.921	0.907	0.906	0.938	0.942	0.969
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Fe	0.141	0.047	0.078	0.073	0.054	0.045
S	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Ge	0.002	0.004	0.002	0.001	0.003	0.000
Sn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000
Cu	2.936	2.959	2.977	3.023	3.009	2.988
In	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.002	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000
Ni	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Pb	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.006	0.008	0.000	0.002	0.004

Galena

Formação-Lentícula Mineralizada	Formação M'Pioka																			
Sondagem-lâmina delgada	M-102-1a																			
Referência	b1_gn					b2_ipbs	b3_pbs						b4_gn					b5_gn		
Análise	1	2	3	4	5	1	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3
Local da análise	Em massa cinzento-claro que sela uma fractura discreta, com inclusões de py, sph e vários sulfossais, em contacto com py grosseira					pequena inclusão em grão anédrico de sph	Em grãos anédricos cinzento-claro, com inclusões de py, sph e vários sulfossais, em contacto com massas de py framboidal						Coating cinzento claro em torno de sph					Fase cinzento-claro em grão anédrico em contacto com py, quer grosseira quer framboidal, tnt e cpy		
Percentagem em peso																				
Sb	0	0	0	0	0.004	0.063	0	0.002	0	0	0.012	0	0.08	0	0	0	0.003	0.025	0	0.003
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007	0	0	0	0	0.012
Mn	0	0	0.037	0	0	0	0	0	0.007	0	0	0	0	0	0.013	0	0	0	0	0
Fe	0	0.067	0.028	0.062	0.018	0.099	0.002	0.017	0.039	0.001	0.031	0	0.271	0.448	0.515	0.149	0.435	0.008	0.031	0.083
S	13.199	13.245	13.191	13.013	13.089	13.221	12.993	12.967	13	13	13.173	13.027	13.248	13.213	13.336	13.247	13.214	13.112	13.127	13.087
Ge	0.022	0	0.012	0	0.009	0	0.032	0	0	0.045	0.019	0.042	0	0.036	0	0	0.034	0	0.008	0
Sn	0.055	0.092	0	0.047	0.018	0	0	0	0.024	0	0	0	0.023	0	0	0	0.027	0.023	0	0
Cu	0	0.022	0.054	0	0	0.229	0.004	0	0.054	0	0	0	0.018	0.122	0.097	0	0	0.408	0.237	0.299
In	0	0	0	0	0	0.019	0	0	0.026	0	0.011	0.032	0.006	0	0	0	0	0	0	0
Se	0.069	0	0	0	0.001	0	0	0	0.026	0.031	0	0.003	0	0.003	0	0.027	0	0	0.019	0
Ag	0	0	0	0	0.008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.055	0.044	0
Co	0	0	0	0	0.019	0	0.018	0.017	0.004	0.012	0	0	0.006	0.024	0.026	0	0	0	0.025	0
Ni	0	0	0	0	0.003	0.032	0	0.012	0	0.05	0.044	0.001	0.03	0	0	0	0	0.009	0.004	0.004
Pb	86.881	86.937	86.754	87.36	86.272	83.755	85.651	86.427	86.49	85.797	86.848	86.322	86.622	87.198	86.196	86.85	87.655	86.699	86.616	87.556
Bi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0.026	0.045	0.088	0.01	0.002	4.103	0	0	0	0	0	0	1.141	0.964	1.278	1.299	0.74	0	0.101	0
Cd	0.035	0	0	0.012	0	0	0	0.086	0	0	0.043	0.059	0	0	0	0	0.04	0.024	0.04	0
Au	0	0	0	0	0	0.015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0
Total	100.287	100.408	100.164	100.504	99.443	101.536	98.700	99.528	99.670	98.936	100.181	99.486	101.445	102.008	101.468	101.572	102.148	100.363	100.322	101.044
Distribuições iónicas																				
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.003	0.001	0.003	0.001	0.004	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.012	0.019	0.022	0.006	0.019	0.000	0.001	0.004
S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000
Ge	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Sn	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.004	0.000	0.000	0.016	0.009	0.012
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000

[illegible]

Esfalerite

Unidade - Lenticula Mineralizada	Lenticula I - Subgrupo Xisto-Gresoso																			
Sondagem-lamina delgada	M-102-1a																			
Referência	b1_sph					b2_ZnS					b3_ZnS			b3_ipbs	b4_sph					
Análise	1	2	3	4	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6
Local da análise	Fase cinzento-escuro em galena					Fase cinzenta em grão anédrico disseminado, com microfracturas seladas por gn e com inclusões de py e gn					Fase cinzento-escuro em galena, com outras fases cinzentas (sulfossais)				Fase cinzento-escuro em grãos anédricos com coating de e fracturas preenchidas por galena, em contacto quer com py maciça quer framboidal					
Percentagem em peso																				
Sb	0.04	0.012	0.033	0.037	0.052	0	0.044	0.017	0	0	0.1	0.093	0	0.142	0	0.013	0	0.035	0	0
As	0.002	0	0	0	0	0.027	0	0	0	0.01	0	0.587	0	0.02	0	0	0	0	0.031	0.023
Mn	0.05	0	0.028	0.014	0.01	0.483	0.47	0.45	0.42	0.469	0.046	0.042	0.006	0.008	0.452	0.475	0.452	0.44	0.427	0.359
Fe	0.072	0.077	0.041	0.057	0.085	0.42	0.312	0.321	0.344	0.36	0.136	0.062	0.084	0.028	0.275	0.357	0.484	0.417	0.595	0.42
S	32.786	31.784	32.055	32.634	33.163	32.85	33.085	33.26	33.153	33.055	31.919	31.269	31.873	31.557	32.592	32.736	32.545	32.724	32.809	32.601
Ge	0	0	0.02	0.011	0	0	0	0	0.002	0	0	0	0	0	0	0.036	0	0	0.024	0
Sn	0.01	0.025	0.096	0.008	0.023	0.066	0.021	0.01	0.011	0.001	0.052	0.001	0.075	0.043	0.004	0.017	0.014	0	0.135	0.115
Cu	0.165	0.162	0.137	0	0.084	0.239	0.161	0.169	0	0.006	0.249	1.252	0.067	0.255	0.005	0	0.311	0.366	0.335	0.251
In	0.002	0	0.002	0.073	0	0	0.021	0	0.025	0.015	0	0	0	0	0	0	0.109	0	0	0
Se	0	0	0.019	0	0.007	0	0.003	0	0	0	0.038	0.012	0	0	0	0	0	0	0	0
Ag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Co	0.003	0	0	0.006	0.01	0	0.018	0.007	0	0.022	0	0	0	0.007	0	0	0	0	0	0.039
Ni	0.081	0.055	0	0	0	0.02	0	0.022	0.004	0	0.017	0.038	0.035	0	0	0	0	0	0	0.02
Pb	2.727	4.524	0.532	0.264	0.187	0.019	0	0	0	0	4.991	4.083	0.258	2.894	0.012	0	0.079	0	0	0
Bi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	64.001	62.744	64.442	65.422	65.416	63.361	64.565	64.595	64.396	64.476	62.816	61.079	63.504	62.841	65.011	65.273	63.803	65.045	64.804	64.896
Cd	0.022	0.022	0.028	0.004	0	0.12	0.088	0.081	0.093	0.106	0.084	0	0	0.063	0.157	0.114	0.165	0.122	0.146	0.086
Au	0.18		0.619	0	0.818	0.901	0.254	0.267	0.824	0.178	0.299	0.307	0.202	0.26	0.323	0.635	0.395	0.242	0	0.251
Total	100.141	99.405	98.052	98.530	99.855	98.506	99.042	99.199	99.272	98.698	100.747	98.825	96.104	98.118	98.831	99.656	98.357	99.391	99.306	99.061
Distribuições iônicas																				
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.009	0.008	0.008	0.007	0.008	0.001	0.001	0.000	0.000	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006
Fe	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.007	0.005	0.006	0.006	0.006	0.002	0.001	0.002	0.001	0.005	0.006	0.009	0.007	0.010	0.007
S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.991	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Cu	0.003	0.003	0.002	0.000	0.001	0.004	0.002	0.003	0.000	0.000	0.004	0.020	0.001	0.004	0.000	0.000	0.005	0.006	0.005	0.004
In	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

[illegible]

Sulfureto de Cu-Co

Lentícula C1			
Lâmina	M-105-10		
Referência	b1_calc2		b1_cuco
Análise	6	7	1
Local da análise	Fase associada à calcocite em substituição de grão grosseiro de py		
Sb	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.005	0.007
Mn	0.025	0.000	0.021
Fe	1.629	2.214	1.423
S	34.378	31.828	34.152
Ge	0.000	0.000	0.000
Sn	0.032	0.000	0.057
Cu	38.196	43.393	37.167
In	0.000	0.028	0.037
Se	0.053	0.014	0.001
Ag	0.026	0.015	0.000
Co	23.254	18.619	23.297
Ni	0.163	0.131	0.171
Pb	0.122	0.044	0.000
Bi	0.059	0.056	0.043
Zn	0.018	0.000	0.007
Cd	0.002	0.000	0.054
Au	0.329	0.000	0.000
total	98.286	96.347	96.437
Sb	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000
Fe	0.027	0.040	0.024
S	1.000	1.000	1.000
Ge	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000
Cu	0.561	0.688	0.549
In	0.000	0.000	0.000
Se	0.001	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000
Co	0.368	0.318	0.371
Ni	0.003	0.002	0.003
Pb	0.001	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000
Au	0.002	0.000	0.000
total cat	0.963	1.049	0.949
total S	1.000	1.000	1.000

Cuprite

Formação-Lenticula Mineralizada	Lenticula B											
Sondagem-lâmina delgada	M-102-18											
Referência	b1_cup				b2_cup					b3_cup		
Análise	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3
Local da análise	Fase cinzento-azulado a selar, juntamente com carbonatos, fracturas e outros vazios, em minério brechificado de domínio de oxidação extrema											
Porcentagem em peso												
MnO	0	0	0	0.039	0	0.017	0	0	0	0.06	0.043	0
Na2O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO	0.199	0.143	0.24	0.271	0.12	0.031	0.015	0	0.038	0.197	0.138	0.065
BaO	0.234	0.215	0.181	0.171	0.115	0.197	0.178	0.215	0.221	0.235	0.195	0.196
ZnO	0.008	0.083	0.189	0.093	0.128	0.083	0.031	0.07	0.071	0.133	0.074	0.08
Al2O3	0.021	0	0	0.002	0	0	0	0.007	0	0.003	0.008	0
SiO2	0.034	0.01	0.122	0.006	0.062	0.043	0.035	0.045	0.009	0.249	0.067	0.04
Fe2O3	0.257	0.948	0.197	0.546	1.55	1.781	0.844	1.883	1.391	0.475	0.397	0.453
CoO	0	0	0.053	0	0	0.009	0.096	0	0.021	0.019	0.036	0.001
MgO	0.081	0.001	0	0.008	0	0.014	0	0	0.022	0.149	0	0
Cr2O3	0.197	0.16	0.097	0.114	0.154	0.12	0.139	0.142	0.127	0.141	0.135	0.171
V2O3	0.004	0.006		0.028	0.001	0.023	0.017	0.012		0.03	0.018	0.033
TiO2	0	0	0.03	0	0.032	0	0	0.008	0	0	0.02	0.031
As2O5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SO3	0	0.032	0.005	0.014	0	0.022	0	0.047	0.02	0.004	0	0.01
Cu2O	98.526	98.972	98.936	98.441	100.047	99.8	100.977	99.727	99.887	98.223	99.297	98.472
Ag2O	0	0.052	0.005	0.038	0.016	0.028	0.036	0.047	0.04	0	0	0
PbO	0	0.076	0.051	0.058	0.047	0	0.059	0.059	0	0	0	0
NiO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi2O3	0.007	0.027	0.034	0	0.055	0	0.103	0	0.068	0	0.000	0.000
K2O	0	0.008	0	0	0	0.003	0	0.001	0.012	0.014	0.017	0.000
Au2O	0.136	0.2	0.007	0.233	0.565	0.366	0.048	0.344	0.134	0.26	0.000	0.000
Total	99.704	100.933	100.147	100.062	102.902	102.538	102.578	102.607	102.061	100.192	100.445	99.552
Distribuições iônicas												
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.005	0.004	0.006	0.007	0.003	0.001	0.000	0.000	0.001	0.005	0.003	0.002
Ba	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Zn	0.000	0.001	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
Al	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Si	0.001	0.000	0.003	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.006	0.002	0.001
Fe	0.005	0.017	0.003	0.010	0.027	0.032	0.015	0.033	0.025	0.008	0.007	0.008
Co	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Mg	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.000	0.000
Cr	0.004	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003
V	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Ti	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	1.949	1.958	1.957	1.947	1.979	1.974	1.997	1.973	1.976	1.943	1.964	1.948
Ag	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Au	0.001	0.001	0.000	0.002	0.004	0.003	0.000	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000
Total cat	1.970	1.988	1.978	1.973	2.022	2.018	2.022	2.018	2.011	1.979	1.985	1.966
Total O	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fases minerais de Pb-As-S, Cu-Pb-As-S, Cu-As-Bi-S e Cu-Bi-S

Formação-Lentícula Mineralizada	Lentícula I																		
Sondagem-lâmina delgada	M-102-1a																		
Referência	b1_incPbS									b1_gn					b3_iPbS				
Análise	2	3	4	5	7	8	9	10	12	6	7	8	9	10	1	3	6	7	8
Local da análise	Fase cinzenta-intermédio de inclusão subcircular em gn		Fase cinzento-escuro na mesma inclusão que 2 e 3	Fase cinzento-claro de inclusão sub-circular em gn, em contacto com py	Fase equivalente à das análises 2 e 3, em contacto com py	Fases equivalentes à da análise 4		Fase cinzento-intermédio da mesma inclusão que a análise 5		Fase cinzento-intermédio em inclusões subcirculares em gn					Fase cinzento-escuro, subcircular, inclusa em gn		Fase cinzento escuro, subcircular, inclusa em gn	Fase cinzento intermédio, equivalente às das análises 2 e 3 da b1	
Percentagem em peso																			
Sb	1.465	1.468	1.872	0.162	1.423	1.879	1.908	0.400	0.324	1.253	1.143	1.501	1.631	1.615	0.733	1.825	2.062	1.144	0.937
As	8.244	8.313	10.577	17.576	8.430	9.805	10.225	17.932	17.831	8.703	8.343	8.134	8.312	8.103	31.403	15.780	10.807	8.592	8.414
Mn	0.035	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.037	0.043	0.000	0.056	0.023	0.011	0.000	0.000	0.000
Fe	0.007	0.002	0.044	0.420	0.031	0.000	1.751	0.467	3.076	0.031	0.077	0.016	0.046	0.021	0.035	0.026	0.059	0.003	0.043
S	17.392	17.644	22.183	24.629	17.420	20.307	22.480	26.412	27.406	17.837	17.648	17.918	17.475	17.620	21.583	26.263	23.911	17.251	17.583
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.000
Sn	0.001	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000
Cu	0.006	0.092	28.130	40.506	0.025	19.114	28.431	40.606	39.486	0.000	0.000	0.042	0.033	0.000	32.670	37.746	32.194	0.506	0.017
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Ag	0.000	0.000	0.384	0.096	0.000	0.201	0.362	0.038	0.094	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.267	0.166	0.330	0.000	0.023
Co	0.000	0.027	0.014	0.000	0.000	0.007	0.011	0.025	0.000	0.000	0.011	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.003
Ni	0.000	0.020	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000
Pb	66.399	66.600	25.413	2.306	68.126	37.058	25.934	0.946	2.916	70.138	71.725	70.128	70.594	71.428	6.503	5.038	20.451	70.417	69.733
Bi	0.000	0.000	0.000	13.299	0.000	0.000	0.000	0.967	3.241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.162	0.649	0.000	0.000
Zn	0.006	0.037	0.057	0.090	0.063	0.197	0.337	0.517	0.307	0.000	0.020	0.021	0.000	0.019	0.037	0.186	5.551	0.029	0.021
Cd	0.000	0.002	2.670	0.100	0.000	1.128	2.869	3.943	3.121	0.043	0.000	0.038	0.004	0.072	1.344	4.559	0.565	0.025	0.048
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.280	0.000	0.347	0.072	0.000	0.000	0.308	0.000	0.000	0.000	0.095
Hg	0.000	0.038	1.514	0.208	0.310	2.285	1.233	1.335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	93.555	94.252	92.858	99.402	95.832	91.981	95.541	93.612	98.122	98.046	99.355	97.913	98.114	98.934	94.906	91.762	96.595	98.031	96.917

ANEXO 5 – MÉTODOS E RESULTADOS ANALÍTICOS DE LITOGEOQUÍMICA

1 - MÉTODOS ANALÍTICOS

O “Código 4E” faz uso dos métodos analíticos seguintes: plasma, digestão total e fusão com metaborato/tetraborato de Li (ICP e ICP/MS), activação neutrónica (INAA) e Fluorescência de RX (XRF).

Porção INAA

O método usado é descrito detalhadamente em Hoffman (1992). Um grama de material é posto numa cápsula de polietileno e irradiado com um feixe de neutrões de intensidade nominal $7 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, cuja actividade total efectiva é medida através de filamentos metálicos de resposta conhecida ao fluxo de neutrões. Passados 7 dias (para permitir o decaimento do ^{24}Na), procede-se à contagem com um detector de Ge de elevada pureza com uma resolução superior a 1.7 KeV no foto-pico de 1332 KeV dado pelo ^{60}Co . As actividades de decaimento corrigidas com auxílio dos valores indicados pelos filamentos metálicos são comparadas com diversos materiais de referência certificados internacionalmente. A precisão analítica é verificada por meio de padrões internos (1 por cada 11 amostras), que não têm utilidade para efeitos de calibração instrumental. A consistência dos valores é assegurada reanalisando entre 10 e 30% das amostras. Este método não é aconselhável para valores de concentração acima dos limites superiores (ver Tabelas abaixo).

Porção para Elementos Maiores

Uma massa de 0.2 g de material é misturada com metaborato/tetraborato de Li e fundida num cadinho de grafite. A fusão resultante é despejada numa solução de ácido nítrico a 5% e agitada até dissolução total (≈ 30 minutos). As amostras são então analisadas para se obterem os elementos maiores e alguns dos elementos-traço combinando extracção simultânea e extracção sequencial num ICP do tipo Thermo Jarrell-Ash Enviro II. A calibração é realizada com base numa grande variedade de materiais de referência internacionais; padrões independentes são também analisados em rotina para efeitos de controlo analítico, sendo os valores obtidos disponibilizados em conjunto com as análises das amostras.

Metais Base e Alguns Elementos Traço

Uma porção de 0.25 g de amostra é digerida em 4 ácidos (começando com o fluorídrico e prosseguindo com uma mistura de nítrico e perclórico) e aquecida de forma controlada em vários ciclos de aquecimento-arrefecimento; após secagem, a amostra é solubilizada em ácido clorídrico. Com esta digestão ácida, algumas fases minerais poderão ser apenas parcialmente solubilizadas (e.g. zircão, monazite, esfena, gahnite, cromite, cassiterite, rútilo, barite); conteúdos em Ag e em Pb acima de 100 e 5000 ppm poderão também não sofrer solubilização total; além disso, o processo apenas dissolve o

enxofre incorporado em sulfuretos. A qualidade analítica é, uma vez mais, aferida com base em padrões certificados para efeitos de referência laboratorial. As análises são executadas num ICP do tipo Perkin Elmer Optima 3000.

Código “4E-Research” Elementos maiores; ICP-Fusão

Óxido	Limite de Detecção
SiO ₂	0.01%
Al ₂ O ₃	0.01%
Fe ₂ O ₃	0.01%
MgO	0.01%
MnO	0.001%
CaO	0.01%
TiO ₂	0.001%
Na ₂ O	0.01%
K ₂ O	0.01%
P ₂ O ₅	0.01%
Perda ao Rubro (LOI)	0.01%

Código “4E-Research” Elementos Traço e Limites de Detecção (ppm)

Elemento	Limite de Detecção	Limite superior	Método
Ag	0.5	100,000	
As	1	-	INAA
Au	1 ppb	30,000 ppb	INAA
Ba	1	-	
Be	1	10,000	
Bi	2	10,000	
Br	0.5	-	INAA
Cd	0.5	5,000	
Ce	1	10,000	INAA
Co	0.1	10,000	INAA
Cr	0.5	100,000	INAA
Cs	0.2	-	INAA
Cu	1	10,000	
Eu	0.05	-	INAA
Hf	0.2	-	INAA
Hg	1	-	INAA
Ir	1 ppb	-	INAA
La	0.05	10,000	INAA
Lu	0.01	-	
Mo	2	10,000	

Elemento	Limite de Detecção	Limite superior	Método
Nd	1	10,000	INAA
Ni	1	10,000	
Pb	5	5,000	
Rb	10	-	INAA
S	0.001%	20%	
Sb	0.1	10,000	INAA
Sc	0.01	-	INAA
Se	0.5	-	INAA
Sm	0.01	10,000	INAA
Sr	2	-	
Ta	0.3	10,000	INAA
Tb	0.1	-	INAA
Th	0.1	10,000	INAA
U	0.1	10,000	INAA
V	5	-	
W	1	10,000	INAA
Y	1	10,000	
Yb	0.05	-	INAA
Zn	1	100,000	
Zr	2	-	INAA

Opções Código “4E-Research” incluídas no pedido de análise

4E-XRF

A determinação dos conteúdos em elementos traço é realizada por fluorescência de RX sobre pastilhas prensadas constituídas por 6 g de amostra previamente pulverizada. As interferências espectrais são corrigidas com base em factores de interferência previamente calculados. Atendendo aos valores de concentração em causa (< 1000 ppm), os únicos efeitos de matriz considerados na correcção são as absorções de massa; os respectivos coeficientes são determinados de acordo com o procedimento indicado em Nisbet et al. (1979). Depois de sujeitas às correcções do fundo e da absorção de massa, as intensidades medidas são transformadas em concentrações por comparação com calibrações realizadas com base na medição de 24 materiais geológicos de referência internacional. Em geral, os limites de detecção posicionam-se entre 1 e 5 ppm.

Opção 4E-XRF Elementos e Limites de Detecção (ppm)

Elemento	Limite de Detecção	Limite superior
Ga	5	10,000
Pb	5	1,000
Sn	5	10,000
Nb	1	10,000
Rb	2	20,000

4E ICP/MS

A amostra fundida é diluída e analisada com o equipamento de ICP/MS Perkin Elmer Sciex ELAN 6000, 6100 ou 9000. Por cada grupo de amostras, são analisados três “brancos” e “cinco padrões de controlo” (três precedendo a análise do grupo de amostras e dois após tal acontecer). De 15 em 15 amostras, são preparados e analisados duplicados. A recalibração do equipamento é realizada de 40 em 40 amostras.

Opção 4E ICP/MS Elementos e Limites de Detecção (ppm)

Elemento	Limite de Detecção	Limite superior	Elemento	Limite de Detecção	Limite superior	Elemento	Limite de Detecção	Limite superior
Bi	0.01	10,000	Ho	0.01	-	Sn	1	1,000
Ce	0.05	3,000	In	0.1	200	Ta	0.01	500
Cs	0.1	1,000	La	0.05	10,000	Tb	0.01	-
Dy	0.01	1,000	Lu	0.002	-	Th	0.05	1,000
Er	0.01	-	Mo	2	100	Tl	0.05	1,000
Eu	0.005	-	Nb	0.2	10,000	Tm	0.005	-
Ga	1	10,000	Nd	0.05	-	U	0.01	1,000
Gd	0.01	1,000	Pr	0.01	1,000	Yb	0.01	-
Ge	0.5	10,000	Rb	1	10,000	Zr	1	10,000
Hf	0.1	100	Sm	0.01	-			

4F FeO

A concentração em FeO é determinada por titulação usando uma digestão ácida fria de metavanadato de amónio e ácido fluorídrico em sistema aberto, para minimizar o efeito redutor dos sulfuretos eventualmente presentes. Após digestão da amostra é adicionado sulfato ferroso de amónio. A titulação é feita com dicromato de potássio. Esta digestão ácida dissolve silicatos e alguns sulfuretos, podendo a pirite não ser totalmente dissolvida. Quando a concentração em S²⁻ é maior que 10%, este tipo de digestão deixa de poder ser usado e é substituído por uma digestão a quente .

Análise	Método	Limite de Detecção
FeO	Titulação	0.01%

4F SO₄

Uma quantidade de 0.2 g de amostra é sujeita a combustão num forno a 550°C em atmosfera de oxigénio. Durante a combustão, as fases portadoras de S são reduzidas, libertando o enxofre, que se liga ao oxigénio, formando SO₂. O enxofre é medido como dióxido de enxofre na célula de infra-vermelhos que equipa os equipamentos Eltra CS-2000 ou Leco CNS 2000.

Análise	Método	Limite de Detecção
SO ₄	Infra-vermelhos	0.3%

4F Sulfureto

O método de preparação da amostra e o fundamento da análise são semelhantes ao anterior, com a diferença de ser atingida a temperatura de 1450°C. A análise dá o enxofre total, sendo o enxofre contido em sulfuretos determinado por diferença entre o enxofre total e o enxofre contido em sulfatos determinado por combustão a 550°C (ver ponto anterior).

Análise	Método	Limite de Detecção
S-Sulfureto	Infra-vermelhos Cálculo.	0.3%, 0.01%

4F CO₂

Uma quantidade de 0.2 g é decomposta termicamente num forno a 1000°C em atmosfera de azoto usando o equipamento ELTRA CW-800, libertando directamente CO₂. A água é removida da mistura de gases libertada por uma armadilha higroscópica colocada antes da célula de infra-vermelhos onde é feita a detecção do CO₂. Esta detecção é feita fotometricamente, garantindo-se que a absorção medida na célula é devida exclusivamente à presença de CO₂ usando filtros de banda estreita adequados. A concentração de CO₂ fica directamente proporcional à absorção de infra-vermelhos no interior da célula.

Análise	Método	Limite de Detecção
CO ₂	Infra-vermelhos	0.01%

2 - RESULTADOS ANALÍTICOS

Subgrupo Xisto-Gresoso

		LD	M-73B-1	M-102-1	M-102-2	M-102-3	M-102-5	M-102-6	M-103-1	M-103-2	M-105-1	M-105-2
Prof(m)		273.1	161.3	164	210.9	228.7	232.1	335.5	335.95	262.5	263.7	
Au	ppb	1	20	170	109	23	67	9	< 1	< 1	< 1	< 1
Ag	ppm	0.5	6.9	12.2	0.9	1.1	3.2	0.7	1	< 0.5	0.7	< 0.5
As	ppm	1	675	3930	827	1060	1520	327	90	112	93	139
Bi	ppm	2	< 2	< 2	< 2	< 2	16	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Br	ppm	0.5	< 0.5	2	< 0.5	< 0.5	< 0.5	2.8	< 0.5	< 0.5	< 0.5	4.1
Cd	ppm	0.5	2.4	127	0.6	1.1	0.6	< 0.5	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Co	ppm	0.1	212	42.2	54.8	105	521	165	334	32.1	102	51.3
Cr	ppm	0.5	45.9	11.4	9.6	39.7	26.5	44.7	39.1	36.7	30.4	< 0.5
Cs	ppm	0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	2.4	1.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Cu	ppm	1	6660	1160	559	97	> 10000	5050	> 10000	3220	6220	1700
Hf	ppm	0.2	9.8	0.8	1.3	9.8	5.9	5.7	8.5	10.2	3.4	< 0.2
Hg	ppm	1	< 1	6	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ir	ppb	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mo	ppm	2	6	< 2	4	31	5	4	< 2	4	< 2	< 2
Ni	ppm	1	62	9	21	20	40	81	87	13	37	6
Pb	ppm	5	96	> 5000	1130	87	297	60	35	45	7	23
Rb	ppm	10	< 10	< 10	20	< 10	< 10	60	40	< 10	50	< 10
S	%	0.001	4.14	> 20.0	0.661	8.05	> 20.0	1.26	14.7	0.834	4.11	2.46
Sb	ppm	0.1	17.5	26.4	28.9	0.4	41.2	5.6	2.3	7.3	1.2	2.6
Sc	ppm	0.01	3.61	3.19	6.11	2.93	10.9	5.84	4.58	4.22	3.33	0.66
Se	ppm	0.5	< 0.5	< 0.5	2.6	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Ta	ppm	0.3	1.9	< 0.3	< 0.3	1.9	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Th	ppm	0.1	12.4	1.9	23	6.7	7.9	8.1	10.2	17.5	7.1	0.7
U	ppm	0.1	3.7	< 0.1	9.5	4.4	2.5	4.7	7.2	11.2	3.2	1.2
W	ppm	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	4	< 1	< 1	< 1	< 1
Zn	ppm	1	249	3640	2380	56	22	72	60	26	11	41

La	ppm	0.05	64.6	2.63	7.05	15.9	13.2	24.9	28.2	31.3	21.1	4.59
Ce	ppm	1	83	5	11	24	19	37	45	47	32	13
Nd	ppm	1	19	< 1	< 1	< 1	< 1	14	15	14	12	6
Sm	ppm	0.01	7	0.38	0.76	1.95	1.83	3.4	4.09	3.97	2.63	3.59
Eu	ppm	0.05	1.24	< 0.05	0.84	< 0.05	< 0.05	0.49	0.54	0.66	< 0.05	0.31
Tb	ppm	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	1
Yb	ppm	0.05	1.83	< 0.05	1.05	1.2	0.8	1.42	1.39	1.72	0.93	1.58
Lu	ppm	0.01	0.4	< 0.01	0.25	0.26	0.23	0.31	0.3	0.33	0.21	0.25
Mass	g		1.684	2.027	1.979	1.823	2.384	1.579	1.887	1.838	1.674	2.024
CO2	%	0.01	8.13	0.04	0.13	0.05	0.04	0.06	0.58	6.34	0.06	43.6
FeO	%	0.01	4.41	10	0.76	5.83	8.87	3.58	6.48	1.43	4.38	4.19
Total S	%	0.01	3.8	21.9	0.7	7.19	32.2	1.26	13.7	0.78	3.62	2.14
SO4	%	0.3	3.9	0.9	0.5	0.6	4.5	1	3.2	< 0.3	1.6	2.4
Cu	%	0.005	0.688	0.121	0.05	0.009	3.16	0.501	1.23	0.314	0.6	0.176
SiO2	%	0.01	48.35	46.14	65.92	65.07	19.69	61.86	46.13	51.41	67.35	0.46
Al2O3	%	0.01	14.18	2.99	4.21	11.06	7.09	11.97	10.97	15.13	11.53	0.13
Fe2O3	%	0.01	0.24	17.04	14.72	2.12	30.42	8.97	8.41	3.23	0.8	1.25
MnO	%	0.001	0.067	0.01	0.014	0.003	0.012	0.01	0.015	0.033	0.009	0.733
MgO	%	0.01	0.73	0.15	0.59	0.08	0.06	3.41	3.33	0.48	2.88	18.26
CaO	%	0.01	9.91	0.19	0.38	0.37	0.23	0.36	1.31	8.65	0.3	28.23
Na2O	%	0.01	7.39	0.24	0.18	5.15	0.08	0.08	2.98	7.05	3.53	0.04
K2O	%	0.01	1.03	0.7	1.14	2.08	0.88	3.21	1.59	2	2.2	0.03
TiO2	%	0.001	0.877	0.103	0.143	0.756	0.452	0.712	0.768	0.736	0.418	0.006
P2O5	%	0.01	0.32	< 0.01	0.03	0.21	0.15	0.2	0.25	0.23	0.09	< 0.01
LOI	%		10.42	16.93	5.25	5.27	25.46	5.69	12.39	8.18	4.78	40.6
LOI2	%		9.92	15.82	5.17	4.62	24.47	5.28	11.67	8.02	4.29	40.13
Total 2	%	0.01	97.93	94.51	93.34	98.01	93.39	100.1	94.62	98.57	98.27	93.92
Total	%	0.01	98.43	95.63	93.43	98.66	94.38	100.5	95.34	98.73	98.77	94.39
Ba	ppm	1	143	104	141	219	119	345	182	222	285	5
Be	ppm	1	< 1	< 1	3	< 1	< 1	2	< 1	< 1	1	< 1
Bi	ppm	0.1	1.1	8.5	1.4	0.7	49	1.8	0.4	2	0.1	0.4
Cs	ppm	0.1	0.4	0.3	0.5	0.4	0.8	1.3	0.7	0.4	1.1	< 0.1

Ga	ppm	1	24	11	8	16	15	25	24	21	20	< 1
Ge	ppm	0.5	0.9	0.8	2.4	1	4.5	2.9	1.7	2.4	1.5	< 0.5
Hf	ppm	0.1	12.1	1.2	1.2	10.1	8.7	6.9	9.4	10.9	3.3	< 0.1
In	ppm	0.1	0.1	0.2	0.1	< 0.1	0.4	< 0.1	0.2	0.3	< 0.1	< 0.1
Mo	ppm	2	5	3	6	29	5	5	3	3	< 2	< 2
Nb	ppm	0.2	15.2	3.1	2.6	11.3	10.1	13.6	13.5	11.8	8.6	< 0.2
Rb	ppm	1	19	19	24	36	23	59	33	34	50	< 1
Sn	ppm	1	3	3	2	2	9	3	4	5	2	< 1
Sr	ppm	2	196	51	121	54	19	48	129	176	97	117
Ta	ppm	0.01	1.54	0.26	0.34	1.05	0.79	1.08	1.17	0.97	0.72	< 0.01
Th	ppm	0.05	13.7	2.54	24.6	7.65	10.4	8.07	10.8	20.3	8.04	0.77
U	ppm	0.01	5.17	1.03	11.8	4.63	4.21	5.02	7.5	14	3.03	0.94
V	ppm	5	90	15	143	22	68	88	105	97	85	16
Y	ppm	1	19	3	7	7	7	11	10	12	6	27
Zr	ppm	1	537	53	62	467	409	306	462	502	147	4
La	ppm	0.05	65.6	3.83	6.07	15.3	17.9	23.6	29.1	30.4	20.2	4.19
Ce	ppm	0.05	108	7.05	10.8	30.1	35.3	47.7	57.8	58.9	37.9	11.1
Pr	ppm	0.01	11.8	0.74	1.18	3.53	4.02	5.51	6.98	6.8	4.33	1.78
Nd	ppm	0.05	39.2	2.58	3.98	12.5	14.6	19.1	24	23.1	14.7	8.28
Sm	ppm	0.01	8.06	0.47	0.92	2.23	2.78	3.47	4.63	4.26	2.51	3.61
Eu	ppm	0.005	1.46	0.098	0.856	0.283	0.349	0.476	0.605	0.567	0.402	0.326
Gd	ppm	0.01	6.59	0.45	0.94	1.73	2.1	2.61	3.38	2.93	1.73	5.44
Tb	ppm	0.01	0.83	0.08	0.19	0.22	0.27	0.34	0.44	0.41	0.19	0.97
Dy	ppm	0.01	3.98	0.49	1.27	1.26	1.52	1.91	2.31	2.27	1.09	5.55
Ho	ppm	0.01	0.7	0.1	0.26	0.28	0.3	0.37	0.45	0.46	0.24	0.92
Er	ppm	0.01	1.97	0.31	0.77	0.87	0.91	1.21	1.35	1.42	0.74	2.24
Tl	ppm	0.05	0.16	0.24	0.12	0.18	0.55	0.25	0.19	0.32	0.24	< 0.05
Tm	ppm	0.005	0.302	0.05	0.128	0.149	0.155	0.209	0.223	0.241	0.127	0.281
Yb	ppm	0.01	2.11	0.37	1.06	1.13	1.16	1.55	1.65	1.75	0.93	1.65
Lu	ppm	0.002	0.364	0.066	0.187	0.203	0.212	0.263	0.287	0.313	0.17	0.237

FORMAÇÃO C5B

LD			M-73B-2	M-73B-4	M-73B-5	M-73B-7	M-77A-1	M-77A-2	M-77A-3	M-102-8	M-102-9	M-102-12	M-102-13	M-102-14	M-102-16	M-102-17	M-102-20	M-102-21
Prof(m)			290.9	304.8	313.1	348.8	278.7	286.95	290.45	241.1	246.25	260.15	265.95	290.7	301.25	304.55	319	329.2
Au	ppb	1	< 1	335	45	213	81	< 1	< 1	60	< 1	31	30	57	< 1	54	64	68
Ag	ppm	0.5	3.3	138	2.3	123	18.8	3.9	1.4	37.6	0.9	49.7	7.5	11.8	0.8	2.5	2.2	6.9
As	ppm	1	123	2110	1550	3120	1970	25	100	2130	2130	3220	2490	269	2710	857	431	2060
Bi	ppm	2	< 2	36	31	100	37	10	4	26	96	9	15	17	2	11	48	13
Br	ppm	0.5	3.3	< 0.5	5.6	5.1	< 0.5	1.7	3.7	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Cd	ppm	0.5	0.9	13.5	4.4	1.5	1.6	< 0.5	< 0.5	5.5	1.1	< 0.5	< 0.5	0.8	1.3	1.1	1.1	1.9
Co	ppm	0.1	24.5	140	882	397	887	57.6	260	256	807	175	572	58.6	291	345	382	303
Cr	ppm	0.5	11.4	< 0.5	62.6	< 0.5	< 0.5	8.4	18.8	< 0.5	50.2	12.5	< 0.5	4.5	98.1	11.6	9.1	13.3
Cs	ppm	0.2	< 0.2	< 0.2	2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Cu	ppm	1	4070	> 10000	198	> 10000	> 10000	> 10000	> 10000	> 10000	> 10000	> 10000	> 10000	5390	> 10000	> 10000	> 10000	> 10000
Hf	ppm	0.2	0.3	< 0.2	0.6	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.4	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	1.5	< 0.2	< 0.2
Hg	ppm	1	< 1	12	< 1	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3	< 1
Ir	ppb	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mo	ppm	2	< 2	13	44	52	66	< 2	< 2	27	36	21	32	28	46	43	< 2	24
Ni	ppm	1	15	8	73	30	43	1	8	21	47	2	8	8	9	5	9	29
Pb	ppm	5	8	145	613	1240	419	< 5	14	365	608	239	143	182	315	123	137	742
Rb	ppm	10	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
S	%	0.001	0.136	4.06	0.013	> 20.0	1.53	0.067	0.042	> 20.0	0.028	2.27	0.245	13	0.031	0.075	0.005	> 20.0

Sb	ppm	0.1	2.8	48.9	30.3	69.1	56.6	0.5	2.2	40.6	82.7	45.9	28.1	29.7	50.2	19.4	10.6	26.7
Sc	ppm	0.01	1.86	0.62	1.53	0.31	0.97	1.01	1.8	0.56	2.47	1.48	0.88	0.22	0.75	2.51	0.32	0.81
Se	ppm	0.5	3.2	4.9	10.4	17.7	21.2	< 0.5	< 0.5	28.3	16.8	< 0.5	16.7	< 0.5	< 0.5	5.2	14.6	20.5
Ta	ppm	0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Th	ppm	0.1	1.1	2.4	3.1	2.4	22.5	0.9	3.8	1.1	4.9	3.4	< 0.1	< 0.1	11.5	29.7	6.7	2
U	ppm	0.1	1.3	5.8	22.3	9.1	181	1.3	4.6	15.3	21.3	3.5	11	9.1	7	7.1	3.1	5.6
W	ppm	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2	8	< 1	< 1	5
Zn	ppm	1	113	1510	420	89	104	36	100	130	1460	39	413	23	450	87	62	101
La	ppm	0.05	3.32	63.5	6.25	2.29	10.2	4.33	5.11	1.36	5.76	0.74	1.37	0.8	2.85	0.95	0.61	3.16
Ce	ppm	1	7	95	13	4	15	8	11	< 1	16	< 1	4	< 1	< 1	7	< 1	8
Nd	ppm	1	4	33	5	< 1	< 1	< 1	1	< 1	5	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	7
Sm	ppm	0.01	1.74	7.57	2.69	< 0.01	< 0.01	2.11	2	< 0.01	5.79	0.24	1.03	< 0.01	0.6	0.64	0.15	0.7
Eu	ppm	0.05	0.21	< 0.05	0.9	< 0.05	< 0.05	0.24	0.28	< 0.05	0.74	0.21	0.36	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Tb	ppm	0.1	0.6	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.6	0.6	< 0.1	2.5	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Yb	ppm	0.05	1.02	< 0.05	0.72	< 0.05	0.8	1.39	1.56	< 0.05	3.21	0.75	0.94	< 0.05	< 0.05	1.06	< 0.05	< 0.05
Lu	ppm	0.01	0.18	< 0.01	0.24	< 0.01	< 0.01	0.25	0.26	< 0.01	0.59	0.14	0.16	< 0.01	< 0.01	0.21	< 0.01	< 0.01
Mass	g		2.318	2.058	2.103	2.378	2.442	2.157	2.268	3.377	2.444	2.409	2.362	1.713	2.305	2.461	2.415	2.309
CO2	%	0.01	42.8	2.82	7.62	0.12	8.46	44	42.3	0.08	19.9	9.45	14.1	0.17	9.21	14.8	8.13	0.06
FeO	%	0.01	0.78	17.9	< 0.01	13.4	7.97	3.01	1.67	11.5	0.89	19.4	18.3	10.7	3.8	10.2	13.1	11.1
Total S	%	0.01	0.02	4.3	0.04	38.1	1.14	0.11	0.01	23.5	0.08	3.16	0.65	12.8	0.09	0.08	0.05	32.7
SO4	%	0.3	< 0.3	9.4	< 0.3	5.7	3.3	0.4	< 0.3	6.6	< 0.3	9.6	1.6	2.6	< 0.3	< 0.3	< 0.3	3.7
Cu	%	0.005	0.414	16.7	0.015	3.37	13.9	10.1	4.43	11.1	18.5	45.5	35.5	0.546	6.82	38.7	82.2	2.15

SiO2	%	0.01	4.51	49.1	4	0.29	2.16	0.69	2.22	1.06	1.53	4.28	3.69	52.57	2.25	1.52	3.36	0.99
Al2O3	%	0.01	1.5	0.08	1.41	0.16	0.57	0.21	0.95	0.35	0.23	0.2	0.6	0.06	0.41	0.09	0.09	0.54
Fe2O3	%	0.01	3.08	1.59	71.48	46.99	60.02	1.26	3.89	53.96	48.57	26.07	27.76	24.46	63.87	45.37	54.85	55.26
MnO	%	0.001	0.217	0.029	0.082	0.023	0.118	0.865	0.645	0.028	0.1	0.026	0.039	0.017	0.053	0.064	0.109	0.022
MgO	%	0.01	19.41	0.09	0.33	0.02	0.22	19.16	16.16	0.09	0.66	2.59	1.93	0.02	0.78	2.15	1.36	0.22
CaO	%	0.01	27.8	3.3	9.95	0.05	10.8	29.65	30.44	0.12	24.83	11.83	17.72	0.06	11.86	17.44	8.63	0.08
Na2O	%	0.01	0.05	< 0.01	0.04	< 0.01	< 0.01	0.04	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02	< 0.01	0.03	0.09	0.1	0.05
K2O	%	0.01	0.94	< 0.01	0.4	< 0.01	0.04	0.09	0.37	< 0.01	0.06	< 0.01	0.03	< 0.01	0.07	< 0.01	< 0.01	0.11
TiO2	%	0.001	0.059	0.003	0.107	0.004	0.023	0.013	0.042	0.017	0.013	0.004	0.023	0.013	0.018	0.018	0.009	0.023
P2O5	%	0.01	0.09	0.01	0.22	0.03	0.02	0.01	0.05	0.04	0.06	0.02	0.03	< 0.01	0.17	0.1	0.32	0.06
LOI	%		41.86	3.63	10.26	31.12	7.06	43.62	42.09	17.53	21.35	3.58	13.28	9.87	8.71	14.52	8.07	26.13
LOI2	%		41.78	1.62	10.25	29.62	6.16	43.28	41.9	16.24	21.17	1.41	11.23	8.67	8.29	13.38	6.61	24.88
Total 2	%	0.01	100.3	75.73	98.29	92.11	89.01	98.62	98.59	84.72	99.02	68.04	83.42	97.78	92.03	91.56	90.02	94.58
Total	%	0.01	100.4	77.74	98.29	93.61	89.91	98.96	98.77	86	99.2	70.21	85.47	98.98	92.45	92.7	91.48	95.83
Ba	ppm	1	232	33	108	55	128	21	31	46	36	40	44	76	118	5	77	60
Be	ppm	1	< 1	< 1	1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1
Bi	ppm	0.1	0.9	43.1	50.2	240	80.4	0.3	2	45.3	130	17.3	16.3	13.2	5	15.1	119	47.1
Cs	ppm	0.1	0.2	< 0.1	0.6	< 0.1	0.8	< 0.1	0.2	< 0.1	0.2	0.2	0.2	< 0.1	0.2	< 0.1	0.4	0.3
Ga	ppm	1	4	12	9	6	3	< 1	5	3	4	3	4	2	5	3	9	4
Ge	ppm	0.5	< 0.5	1.7	7.7	24.6	11.4	< 0.5	0.7	5.1	9.1	6.3	9.8	1.4	3.7	5.5	11.4	2.7
Hf	ppm	0.1	0.4	< 0.1	0.3	0.2	0.2	< 0.1	0.2	0.2	0.2	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	4.1	0.1	0.2
In	ppm	0.1	< 0.1	5.6	< 0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.9	1.7	< 0.1	0.1	7.6	0.5	0.2

Mo	ppm	2	< 2	15	56	62	62	4	5	24	38	37	41	30	59	66	8	24
Nb	ppm	0.2	0.9	< 0.2	1.7	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.8	1.5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.5
Rb	ppm	1	14	< 1	10	< 1	3	1	7	< 1	2	< 1	1	< 1	2	< 1	< 1	5
Sn	ppm	1	< 1	13	1	7	5	1	2	3	3	7	13	3	2	103	13	3
Sr	ppm	2	146	36	105	173	131	116	151	107	167	164	254	29	228	201	110	404
Ta	ppm	0.01	0.06	< 0.01	0.13	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.03	0.03	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.02
Th	ppm	0.05	1.44	2.2	3.97	2.92	31.8	1.45	7.2	2.41	4.22	3.16	0.6	0.08	11.7	50.1	33	2.41
U	ppm	0.01	1.43	8.02	26.4	13.2	228	4.46	8	19.9	22.1	5.9	13.6	10.3	9.03	16	21.9	8.46
V	ppm	5	27	57	580	147	50	15	119	49	1446	118	533	116	3659	146	661	36
Y	ppm	1	19	2	15	4	21	25	30	< 1	51	7	10	< 1	9	13	11	5
Zr	ppm	1	17	4	16	11	24	3	9	8	8	2	5	2	7	513	30	11
La	ppm	0.05	3.96	61.3	5.56	4.5	5.38	4.7	5.87	4.86	5.43	0.49	1.24	< 0.05	2.58	0.77	0.93	4.18
Ce	ppm	0.05	9.69	121	12.7	8.36	11.8	11.1	13.4	8.99	15.6	1.45	3.79	0.27	5.65	10.8	3.79	10.8
Pr	ppm	0.01	1.37	14.4	2	0.86	1.72	1.67	1.98	0.96	2.91	0.21	0.64	0.02	0.74	0.64	0.38	1.51
Nd	ppm	0.05	6.04	50.7	9.69	2.87	7.62	7.47	8.75	3.71	14.7	1.02	3.15	0.07	3.09	3.8	2.02	6.09
Sm	ppm	0.01	2.39	8.78	3.96	0.61	2.97	3.21	3.46	0.88	6.93	0.51	1.56	0.02	1.04	1.7	0.9	1.27
Eu	ppm	0.005	0.284	0.325	0.935	0.109	0.236	0.232	0.422	0.126	0.827	0.084	0.211	< 0.005	0.161	0.332	0.204	0.167
Gd	ppm	0.01	3.41	4.53	4.88	0.64	3.92	4.76	5.21	1.08	11.3	0.84	2.31	0.04	1.38	2.14	1.33	1.06
Tb	ppm	0.01	0.63	0.31	0.8	0.11	0.7	0.87	0.98	0.18	1.97	0.17	0.46	< 0.01	0.22	0.41	0.25	0.18
Dy	ppm	0.01	3.42	0.86	3.73	0.61	3.72	5.13	5.93	0.9	11	1.1	2.68	0.05	1.23	2.44	1.61	0.94
Ho	ppm	0.01	0.59	0.08	0.58	0.1	0.63	0.89	1.14	0.15	1.89	0.21	0.44	< 0.01	0.21	0.48	0.31	0.15
Er	ppm	0.01	1.4	0.16	1.31	0.23	1.51	2.29	3.02	0.39	4.62	0.56	1.1	0.02	0.53	1.45	0.93	0.39

Tl	ppm	0.05	0.07	< 0.05	0.06	< 0.05	0.07	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.17	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.09	< 0.05
Tm	ppm	0.005	0.193	0.019	0.175	0.031	0.204	0.312	0.422	0.056	0.606	0.081	0.153	< 0.005	0.074	0.237	0.145	0.055
Yb	ppm	0.01	1.22	0.11	1.12	0.2	1.3	1.88	2.64	0.37	3.58	0.56	1.03	0.02	0.49	1.83	1.04	0.34
Lu	ppm	0.002	0.175	0.013	0.164	0.03	0.188	0.271	0.392	0.055	0.505	0.095	0.156	0.003	0.077	0.335	0.173	0.051

		LD	M-103-3	M-105-7	M-105-9	M-105-11	M-105-12	M-105-13	M-105-15
Prof(m)			371.4	288.2	292.7	320.8	326.9	328.7	342.85
Au	ppb	1	19	2	13	48	166	46	19
Ag	ppm	0.5	1.9	0.7	10.5	6.8	394	11.9	2.7
As	ppm	1	329	209	431	1380	4580	5480	1020
Bi	ppm	2	11	5	17	3	23	15	5
Br	ppm	0.5	< 0.5	3.3	2.2	< 0.5	6.2	< 0.5	3.2
Cd	ppm	0.5	1	< 0.5	< 0.5	3.1	22.9	7	3.4
Co	ppm	0.1	213	95.1	93.7	87.5	146	273	236
Cr	ppm	0.5	4.3	< 0.5	5.7	8.4	< 0.5	20.3	44.5
Cs	ppm	0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Cu	ppm	1	> 10000	8060	> 10000	1040	> 10000	> 10000	> 10000
Hf	ppm	0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.4
Hg	ppm	1	< 1	< 1	< 1	4	2	< 1	< 1
Ir	ppb	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mo	ppm	2	8	3	3	9	44	43	7
Ni	ppm	1	17	11	3	9	4	9	6
Pb	ppm	5	75	13	29	83	148	47	55
Rb	ppm	10	< 10	< 10	20	< 10	< 10	< 10	< 10
S	%	0.001	0.983	0.225	1.55	> 20.0	9.27	0.02	0.018
Sb	ppm	0.1	6.6	4.1	3.8	24.5	71.7	59.3	7.9
Sc	ppm	0.01	1.45	0.84	0.52	1.86	0.14	0.42	0.74
Se	ppm	0.5	10.6	< 0.5	< 0.5	57.6	59.6	14.2	< 0.5
Ta	ppm	0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Th	ppm	0.1	3.8	3	1.2	12.8	< 0.1	2.4	2.9
U	ppm	0.1	4.1	1.9	2.5	9.8	12.5	18.4	3.6
W	ppm	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zn	ppm	1	95	62	91	365	787	600	522
La	ppm	0.05	6.29	4.42	3.46	0.69	1.18	13.8	2.7
Ce	ppm	1	13	12	9	< 1	5	15	4

Nd	ppm	1	8	< 1	< 1	< 1	7	< 1	< 1
Sm	ppm	0.01	3.5	3.46	2.54	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.55
Eu	ppm	0.05	0.44	0.54	0.15	< 0.05	0.46	< 0.05	0.28
Tb	ppm	0.1	1	0.9	0.7	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.8
Yb	ppm	0.05	2.06	1.78	0.98	0.52	< 0.05	0.28	0.47
Lu	ppm	0.01	0.35	0.31	0.16	0.12	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Mass	g		1.949	1.74	2.316	2.328	2.315	2.322	2.237
CO2	%	0.01	42.9	43.9	35.1	0.08	3.91	18.3	33.2
FeO	%	0.01	4.32	3.04	7.53	7.85	22.4	1.34	0.91
Total S	%	0.01	0.35	0.14	0.91	34.4	11.3	0.22	0.03
SO4	%	0.3	0.9	0.5	3.1	3	16.3	< 0.3	< 0.3
Cu	%	0.005	2.65	0.867	22.5	0.116	22.5	3.85	6.37
SiO2	%	0.01	0.31	0.59	1.16	0.87	2.83	1.38	2.34
Al2O3	%	0.01	0.09	0.15	0.34	0.26	0.03	0.2	0.56
Fe2O3	%	0.01	3.72	2.64	10.12	50.64	24.88	50.99	23.01
MnO	%	0.001	0.906	0.492	0.682	0.031	0.041	0.062	0.213
MgO	%	0.01	17.3	18.89	13.65	0.05	0.16	0.29	10.97
CaO	%	0.01	27.62	29.15	25.84	0.06	4.85	23.57	27.69
Na2O	%	0.01	0.04	0.04	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02
K2O	%	0.01	0.02	0.08	0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.17
TiO2	%	0.001	0.006	0.008	0.01	0.009	0.003	0.004	0.021
P2O5	%	0.01	0.02	0.04	0.04	0.06	< 0.01	0.03	0.02
LOI	%		41.17	43.2	32.1	23.68	6.9	19.11	33.14
LOI2	%		40.68	42.85	31.26	22.74	4.39	18.96	33.04
Total 2	%	0.01	95.51	98.33	91.61	84.09	62.12	97	99.05
Total	%	0.01	95.99	98.67	92.45	85.03	64.63	97.15	99.16
Ba	ppm	1	10	22	33	94	21	37	48
Be	ppm	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bi	ppm	0.1	7	1.4	4	3.4	13	26.1	4.1
Cs	ppm	0.1	0.1	< 0.1	0.2	0.6	< 0.1	0.3	0.3

Ga	ppm	1	1	< 1	6	2	2	1	10
Ge	ppm	0.5	0.6	< 0.5	1.8	2.1	1.7	4.3	2.6
Hf	ppm	0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	0.3	< 0.1	< 0.1	0.1
In	ppm	0.1	< 0.1	0.1	0.1	< 0.1	1.8	0.3	< 0.1
Mo	ppm	2	6	5	7	10	53	47	11
Nb	ppm	0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.2
Rb	ppm	1	< 1	1	3	1	< 1	< 1	4
Sn	ppm	1	< 1	< 1	1	< 1	10	2	< 1
Sr	ppm	2	139	142	114	22	110	193	120
Ta	ppm	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Th	ppm	0.05	3.03	2.86	2.64	14.8	0.61	3.86	3.45
U	ppm	0.01	3.23	1.86	6.71	11.9	13.8	18.8	6.35
V	ppm	5	50	69	377	390	166	874	460
Y	ppm	1	26	26	30	< 1	< 1	< 1	13
Zr	ppm	1	8	4	4	60	3	2	7
La	ppm	0.05	6.93	3.76	4.59	< 0.05	0.44	12.3	3.39
Ce	ppm	0.05	14.7	9.73	11	0.55	0.66	13.6	7.96
Pr	ppm	0.01	2.04	1.5	1.73	0.03	0.04	1.16	1.19
Nd	ppm	0.05	8.92	6.96	8.14	0.2	0.17	3.35	5.71
Sm	ppm	0.01	3.55	3.17	3.71	0.17	0.04	0.73	2.39
Eu	ppm	0.005	0.43	0.478	0.268	0.061	0.052	0.514	0.335
Gd	ppm	0.01	5.22	4.81	5.76	0.32	0.08	0.73	3.43
Tb	ppm	0.01	0.96	0.88	1.04	0.08	0.01	0.1	0.55
Dy	ppm	0.01	5.57	5.02	5.78	0.56	0.07	0.49	2.65
Ho	ppm	0.01	0.97	0.85	0.97	0.12	< 0.01	0.08	0.4
Er	ppm	0.01	2.47	2.06	2.23	0.38	0.02	0.19	0.85
Tl	ppm	0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.29	< 0.05	< 0.05
Tm	ppm	0.005	0.329	0.275	0.272	0.064	< 0.005	0.024	0.102
Yb	ppm	0.01	2	1.71	1.5	0.55	0.02	0.15	0.59
Lu	ppm	0.002	0.297	0.254	0.194	0.096	0.003	0.022	0.084